



**MINISTÈRE
CHARGÉ DE LA MER
ET DE LA PÊCHE**

*Liberté
Égalité
Fraternité*

DIRECTION GENERALE DES AFFAIRES MARITIMES DE LA PECHE ET
DE L'AQUACULTURE

SOUS-DIRECTION DE LA TRANSFORMATION NUMERIQUE

CAHIER DES CLAUSES TECHNIQUES PARTICULIERES
(CCTP)

LOT N° 2 : SCIENCE DE LA DONNEE (« DATASCIENCE ») ET INTELLIGENCE ARTIFICIELLE (IA)

**FOURNITURE DE PRESTATIONS DE VALORISATION
DES DONNEES**

TABLE DES MATIERES

ARTICLE IV - LOT N° 2 : SCIENCE DE LA DONNÉE (« DATASCIENCE ») ET INTELLIGENCE ARTIFICIELLE (IA).....	4
IV.1 PRESTATION L2-1 : CADRAGE ET PILOTAGE DE PROJETS IA.....	4
IV.1.1UO 2.1.1 - PRÉ-ÉTUDE IA.....	4
IV.1.2UO 2.1.2 - FORMALISATION DU CAS D'USAGE IA.....	7
IV.1.3UO 2.1.3 - ATELIER MÉTIER POUR SPÉCIFICATION DE L'OBJECTIF ET DES INDICATEURS DE PERFORMANCE.....	9
IV.1.4UO 2.1.4 - PILOTAGE DE PROJET IA.....	11
IV.1.5UO 2.1.5 - RÉDACTION DE CAS DE TESTS DE VALIDATION DE PRODUIT IA.....	13
IV.1.6UO 2.1.6 - EXÉCUTION DE CAMPAGNES DE VALIDATION DE PRODUIT IA.....	16
IV.1.7UO 2.1.7 - RÉVERSIBILITÉ.....	18
IV.1.8UO 2.1.8 - SPRINT AGILE IA.....	21
IV.2PRESTATION L2-2 : PRÉPARATION ET ANALYSE DES DONNÉES POUR L'IA.....	25
IV.2.1UO 2.2.1 - COLLECTE, EXTRACTION ET STOCKAGE DES DONNÉES CIBLES.....	25
IV.2.2UO 2.2.2 - PROFILAGE ET ANALYSE QUALITÉ DES DONNÉES.....	29
IV.2.3UO 2.2.3 - NETTOYAGE, NORMALISATION ET TRANSFORMATION (FEATURE ENGINEERING).....	31
IV.2.4UO 2.2.4 - ANALYSE EXPLORATOIRE DES DONNÉES.....	36
IV.3PRESTATION L2-3 : DÉVELOPPEMENT ET VALIDATION DES MODÈLES IA.....	40
IV.3.1UO 2.3.1 - DÉFINITION DE L'APPROCHE ALGORITHMIQUE (TYPE DE MODÈLE, CRITÈRES DE SÉLECTION).....	40
IV.3.2UO 2.3.2 - DÉVELOPPEMENT ET ENTRAÎNEMENT DU MODÈLE.....	44
IV.3.3UO 2.3.3 - ÉVALUATION ET VALIDATION DU MODÈLE.....	49
IV.3.4UO 2.3.4 - OPTIMISATION ET FINALISATION DU PROTOTYPE.....	53
IV.4PRESTATION L2-4 : MISE EN PRODUCTION ET INDUSTRIALISATION IA.....	59
IV.4.1UO 2.4.1 - CARTOGRAPHIE DES COMPOSANTS IA DANS LE SI.....	59
IV.4.2UO 2.4.2 - ATELIERS D'ARCHITECTURE MLOPS ET DATAOPS.....	62
IV.4.3UO 2.4.3 - DOSSIER D'ARCHITECTURE IA.....	66
IV.5 PRESTATION L2-5 : MISE EN PRODUCTION ET SUPERVISION PROJET IA.....	71
IV.5.1UO 2.5.1 - DEPLOIEMENT ET SUPERVISION DE MODELES.....	71
IV.5.2UO 2.5.2 - CRÉATION DE RESTITUTIONS (DATAVISUALISATION).....	75
IV.5.3UO 2.5.3 - CONCEPTION D'INTERFACES DE RESTITUTION (TABLEAUX DE BORD, API)....	78
IV.5.4UO 2.5.4 - CONFORMITÉ DESIGN DE L'ÉTAT (DSFR).....	81
IV.5.5UO 2.5.5 - CONFORMITÉ RÉFÉRENTIEL GÉNÉRAL D'AMÉLIORATION DE L'ACCESSIBILITÉ (RGAA).....	84
IV.5.6UO 2.5.6 - CONFORMITÉ ANONYMISATION.....	87
IV.5.7UO 2.5.7 - SUPERVISION / DÉRIVE / REPRODUCTIBILITÉ.....	89
IV.5.8UO 2.5.8 - DÉCOMMISSIONNEMENT D'UN MODÈLE IA.....	93

IV.5.9UO 2.5.9 - SUIVI PERFORMANCE PRODUIT IA.....	96
IV.6PRESTATION L2-6 : GOUVERNANCE, ÉTHIQUE ET CONFORMITÉ IA.....	99
IV.6.1UO 2.6.1 - ÉVALUATION DE CONFORMITÉ (CNIL, RGPD, EXPLICABILITÉ).....	100
IV.6.2UO 2.6.2 - PLAN DE GESTION DES BIAIS, TRANSPARENCE ET ROBUSTESSE.....	103
IV.6.3UO 2.6.3 - RÉDACTION DE DOCUMENTATION ÉTHIQUE OU CHARTE IA.....	106
IV.7PRESTATION L2-7 : EXPLOITATION ET MAINTENANCE IA.....	109
IV.7.1UO 2.7.1 - EXPLOITATION COURANTE (INSTALLATION, SUPERVISION).....	110
IV.7.2UO 2.7.2 - TRAITEMENT DES INCIDENTS.....	112
IV.7.3UO 2.7.3 - ÉVOLUTION MINEURE DE TYPE IA.....	116
IV.7.4UO 2.7.4 - ACCOMPAGNEMENT À LA MIGRATION CLOUD / ON-PREM / HYBRIDE	119
IV.8PRESTATION L2-8 : FORMATION ET ACCOMPAGNEMENT IA.....	122
IV.8.1UO 2.8.1 - FORMATION DES UTILISATEURS MÉTIERS.....	122
IV.8.2UO 2.8.2 - FORMATION DES DATA SCIENTISTS / MLOPS SUR L'ENVIRONNEMENT CIBLE	125
IV.8.3UO 2.8.3 - RÉALISATION DE TUTORIELS, GUIDES UTILISATEURS ET FICHES DE BONNES PRATIQUES.....	129
IV.8.4UO 2.8.4 - PRÉPARATION ET ACCOMPAGNEMENT À LA PRISE EN MAIN DE LA SOLUTION D'IA.....	132
IV.8.5UO 2.8.5 - SENSIBILISATION AUX TECHNOLOGIES DE LA SCIENCE DE DONNÉES ET IA ÉMERGENTES.....	135
IV.9 PRESTATION L2-9 : IA GÉNÉRATIVE ET LLM.....	139
IV.9.1 UO 2.9.1 - ÉVALUATION ET SÉLECTION MODÈLES LLM.....	139
IV.9.2 UO 2.9.2 - FINE-TUNING ET ADAPTATION MODÈLES GÉNÉRATIFS.....	144
IV.9.3 UO 2.9.3 - INTÉGRATION IA GÉNÉRATIVE DANS APPLICATIONS MÉTIER.....	148
IV.9.4 UO 2.9.4 - MONITORING ET OPTIMISATION LLM EN PRODUCTION.....	154

ARTICLE IV - LOT N° 2 : SCIENCE DE LA DONNÉE (« DATASCIENCE ») ET INTELLIGENCE ARTIFICIELLE (IA)

Ce lot correspond à un ensemble de prestations d'accompagnement permettant la mise en œuvre de projets de datascience et d'intelligence artificielle (IA), de la réalisation d'un prototype jusqu'à l'industrialisation de la solution et à son déploiement.

Dans ces projets, les données utilisées peuvent être de toutes natures, structurées ou non structurées (textes, images, vidéos par exemple).

Les traitements envisagés pourront être de type apprentissage automatique, traitement du langage ou encore reconnaissance d'images.

[Glossaire du lot2](#)

IV.1 PRESTATION L2-1 : CADRAGE ET PILOTAGE DE PROJETS IA

La Prestation L2-1 est axée sur le cadrage du besoin métier, la faisabilité et le pilotage des projets IA/Datascience. En résumé, cette prestation assure un accompagnement complet et structuré pour le lancement et le suivi des projets de datascience et d'IA, depuis la définition initiale des besoins jusqu'à la mise en œuvre des processus de validation et de réversibilité.

IV.1.1 UO 2.1.1 - PRÉ-ÉTUDE IA

OBJET

L'UO a pour objet la réalisation d'une pré-étude IA approfondie pour évaluer la faisabilité technique, l'opportunité métier et la valeur potentielle d'un projet d'intelligence artificielle, en analysant les données disponibles et en recommandant l'approche algorithmique optimale.

CONTENU ET MODALITÉS D'EXÉCUTION

Au titre de l'UO, le titulaire est amené à réaliser une pré-étude IA. Les activités prévues sont les suivantes :

- Analyse du contexte métier et des enjeux avec identification des cas d'usage prioritaires ;
- Étude de l'état de l'art et benchmark des solutions existantes ;
- Évaluation de la faisabilité technique par type d'algorithme et contraintes ;
- Identification des données disponibles avec audit qualité et représentativité ;

- Analyse exploratoire des données et détection de patterns ;
- Évaluation de la faisabilité algorithmique avec tests de concept ;
- Estimation des ressources nécessaires humaines, techniques et temporelles ;
- Analyse de la valeur métier et du ROI potentiel ;
- Analyse des risques et contraintes techniques, éthiques et réglementaires ;
- Évaluation des enjeux de gouvernance et d'explicabilité ;
- Recommandations et plan d'action avec feuille de route détaillée et jalons.

Types d'IA évalués :

- IA Prédictive : Machine Learning classique, séries temporelles
- IA Prescriptive : Optimisation, aide à la décision
- IA Générative : NLP, génération de contenu, LLM
- Computer Vision : Reconnaissance d'images, détection d'objets
- IA Conversationnelle : Chatbots, assistants virtuels
- IA Temps réel : Analyse de données en flux, détection d'anomalies

PROFIL(S) PRESSENTI(S)

- Data scientist senior
- Consultant stratégie data/IA
- Expert métier (selon domaine d'application)

COMPLEXITÉ DE L'UO

Complexité	Simple	Moyen	Complexe
Nombre de sources de données	≤ 3	4-8	> 8
Volume de données	< 1 Go	1-100 Go	> 100 Go
Type d'IA	ML classique	ML avancé/NLP	Deep Learning/Vision
Contraintes temps réel	Batch	Quasi temps réel	Temps réel
Criticité métier	Standard	Important	Critique
Complexité réglementaire	Basique	Moyenne	Élevée

DÉLAIS D'EXÉCUTION DES PRESTATIONS

Complexité	Simple	Moyen	Complexe
Délai applicable	15 jours	30 jours	45 jours

LIVRABLE(S) ET DÉLAIS ASSOCIÉS

Livrible(s)	Délai maximal de remise à partir du premier jour d'exécution de la prestation		
	Simple	Moyen	Complexe
Analyse du contexte et état de l'art	5 jours	8 jours	12 jours
Audit des données et faisabilité technique	8 jours	15 jours	22 jours
Tests de concept et validation algorithmique	10 jours	20 jours	30 jours
Rapport de pré-étude IA complet avec recommandations	15 jours	30 jours	45 jours

IV.1.2 UO 2.1.2 - FORMALISATION DU CAS D'USAGE IA

OBJET

L'objet de cette UO est d'analyser et de formaliser les besoins métiers en matière d'intelligence artificielle ou de datascience, et d'évaluer la faisabilité technique et l'opportunité économique de mettre en œuvre ces cas d'usage en produisant une documentation structurée permettant une prise de décision éclairée sur l'investissement IA.

CONTENU ET MODALITÉS D'EXÉCUTION

Cette prestation implique une phase d'exploration approfondie pour définir le périmètre, les objectifs et les contraintes du projet IA.

Contenu :

- Analyse du besoin métier approfondie avec identification des parties prenantes ;

- Cartographie des processus métier impactés et des gains attendus ;
- Exploration et analyse des données avec audit de disponibilité et qualité ;
- Évaluation de la maturité data de l'organisation ;
- Analyse de faisabilité technique détaillée par type d'algorithme ;
- Analyse des contraintes réglementaires et éthiques ;
- Analyse de l'opportunité économique avec calcul de ROI détaillé ;
- Analyse concurrentielle et benchmark marché ;
- Identification des risques techniques, organisationnels et réglementaires ;
- Définition de la feuille de route de mise en œuvre avec jalons.

Le titulaire travaille en mode agile ou itératif, en étroite collaboration avec les équipes métier et techniques de l'administration.

PROFIL(S) PRESSENTI(S)

- Data Scientist Senior/Consultant en Stratégie Data
- Chef de projet Data
- Expert métier (selon domaine d'application)
- Consultant en transformation digitale

COMPLEXITÉ DE L'UO

Complexité	Simple	Moyen	Complexe
Nombre d'ateliers	3-5 ateliers	6-8 ateliers	9-12 ateliers
Type d'IA	ML classique	ML avancé/NLP	Deep Learning/Vision
Secteur d'application	Standard	Réglementé	Critique
Maturité data organisation	Élevée	Moyenne	Faible
Nombre de parties prenantes	≤ 5	6-10	> 10
Complexité réglementaire	Basique	Moyenne	Élevée (RGPD strict)

DÉLAIS D'EXÉCUTION DES PRESTATIONS

Complexité	Simple	Moyen	Complexe
Délai maximal entre notification et début	5 jours	10 jours	15 jours
Durée maximale de réalisation	10 jours	20 jours	45 jours

LIVRABLE(S) ET DÉLAIS ASSOCIÉS

Livraison(s)	Délai maximal de remise à partir du premier jour d'exécution de la prestation		
	Simple	Moyen	Complexe
Analyse du contexte et cartographie des besoins	5 jours	8 jours	12 jours
Fiche de faisabilité ou d'opportunité structurée	10 jours	20 jours	35 jours
Rapport de synthèse de l'exploration de données détaillé	8 jours	15 jours	25 jours
Analyse de ROI et de cas d'usage métier	7 jours	12 jours	20 jours
Présentation de la feuille de route recommandée avec jalons	5 jours	8 jours	15 jours après le dernier atelier

IV.1.3 UO 2.1.3 - ATELIER MÉTIER POUR SPÉCIFICATION DE L'OBJECTIF ET DES INDICATEURS DE PERFORMANCE

OBJET

L'objet de cette UO est de mener des ateliers de travail avec les équipes métiers afin de spécifier précisément l'objectif du cas d'usage IA/datascience et de définir les indicateurs de performance (KPIs et métriques) qui serviront à mesurer le succès du projet et la performance du modèle développé en garantissant l'alignement entre les objectifs métier et les capacités techniques de l'IA. L'UO nécessite des déplacements.

CONTENU ET MODALITÉS D'EXÉCUTION

Cette prestation est centrée sur la co-construction avec les métiers pour s'assurer que le cas d'usage IA répond aux attentes opérationnelles et stratégiques.

Contenu :

- Cadrage des objectifs avec priorisation et hiérarchisation des enjeux ;
- Analyse de l'état actuel et définition des cibles à atteindre ;
- Identification et spécification des indicateurs clés (KPIs) métier et techniques ;
- Définition des métriques d'équité et de biais pour l'IA responsable ;
- Spécification des métriques de modèle adaptées au type d'algorithme ;
- Définition des métriques de performance opérationnelle (temps de réponse, disponibilité) ;
- Formalisation des critères de succès avec seuils d'alerte et d'escalade ;
- Définition des modalités de mesure et de reporting.

Le titulaire utilise des ateliers collaboratifs structurés avec techniques d'animation adaptées et une méthodologie agile avec validation itérative des spécifications.

PROFIL(S) PRESSENTI(S)

- Data Scientist Senior / Consultant en Stratégie Data
- Chef de projet MOA / Expert Métier
- Facilitateur d'ateliers / Coach agile
- Expert en métriques IA (selon complexité)

COMPLEXITÉ DE L'UO

Complexité	Simple	Moyen	Complexe
Nombre de KPI	≤ 5 KPI	6-15 KPI	> 15 KPI
Type de métriques	Métriques standard	Métriques mixtes	Métriques spécialisées
Nombre de parties prenantes	≤ 5 personnes	6-10 personnes	> 10 personnes
Secteur d'application	Standard	Réglementé	Critique

Complexité	Simple	Moyen	Complexe
			(Santé/Finance)
Complexité des objectifs	Objectif unique	Objectifs multiples	Objectifs conflictuels
Exigences d'équité	Basiques	Moyennes	Élevées (biais critiques)

DÉLAIS D'EXÉCUTION DES PRESTATIONS

Complexité	Simple	Moyen	Complexe
Délai maximal entre notification et début	3 jours	7 jours	10 jours
Durée maximale de réalisation	5 jours	10 jours	20 jours

LIVRABLE(S) ET DÉLAIS ASSOCIÉS

Livraison(s)	Délai maximal de remise à partir du premier jour d'exécution de la prestation		
	Simple	Moyen	Complexe
Préparation et cadrage de l'atelier	2 jours	3 jours	5 jours
Document de spécification des KPIs et métriques structuré	3 jours	5 jours	8 jours après la réalisation de l'atelier
Compte rendu détaillé des ateliers métiers avec actions	2 jours	3 jours	5 jours après la réalisation de l'atelier
Matrice de traçabilité objectifs/métriques	2 jours	3 jours	5 jours
Plan de mesure et de reporting	3 jours	5 jours	8 jours

IV.1.4 UO 2.1.4 - PILOTAGE DE PROJET IA

OBJET

L'objet de cette UO est d'assurer la gestion complète et le pilotage des projets de datascience et d'intelligence artificielle en tenant compte des spécificités de l'IA (expérimentation, incertitude, itération, éthique). Le pilotage couvre la planification, le suivi de l'avancement, la gestion des risques et des ressources, et la coordination des équipes techniques et métiers pour garantir l'atteinte des objectifs dans les délais impartis tout en maintenant la qualité et la conformité éthique des solutions développées. L'UO nécessite des déplacements.

CONTENU ET MODALITÉS D'EXÉCUTION

Cette prestation est axée sur le suivi et la gestion proactive des projets IA, souvent menés en mode agile avec une approche adaptée aux cycles d'expérimentation et de validation.

Contenu :

- Planification et suivi adapté aux cycles d'expérimentation IA ;
- Gestion des phases d'exploration, prototypage et industrialisation ;
- Gestion des ressources et du budget avec suivi des coûts de calcul et d'infrastructure ;
- Gestion des environnements de développement et de production IA ;
- Gestion des risques et des obstacles spécifiques à l'IA (biais, performance, explicabilité) ;
- Gestion de la conformité éthique et réglementaire ;
- Coordination entre data scientists, ingénieurs MLOps, métiers et experts éthique ;
- Animation des comités d'éthique et de validation IA ;
- Communication et reporting avec vulgarisation des concepts IA pour les parties prenantes.

Le titulaire utilise, sauf exception demandée par l'administration, un mode de réalisation agile adapté aux spécificités IA avec sprints d'expérimentation et une comitologie incluant comités d'éthique et de validation technique.

PROFIL(S) PRESENTI(S)

- Chef de projet Data / Chef de projet IA
- Scrum Master spécialisé IA/Data
- Product Owner avec expertise métier

- Expert en gouvernance IA (selon complexité)

COMPLEXITÉ DE L'UO

Complexité	Simple	Moyen	Complexe
Taille de l'équipe	≤ 5 personnes	6-15 personnes	> 15 personnes
Méthodologie	Agile simple	Agile à l'échelle	Cycle en V + gouvernance
Nombre de parties prenantes	≤ 10	11-25	> 25
Durée du projet	≤ 3 mois	3-12 mois	> 12 mois
Complexité technique	ML standard	ML avancé/NLP	Deep Learning/Multi-modal
Exigences réglementaires	Basiques	Moyennes	Élevées
Criticité métier	Standard	Important	Critique

DÉLAIS D'EXÉCUTION DES PRESTATIONS

Complexité	Simple	Moyen	Complexe
Délai maximal entre notification et début	3 jours	5 jours	7 jours
Durée maximale de réalisation	10 jours	15 jours	60 jours

LIVRABLE(S) ET DÉLAIS ASSOCIÉS

Livraison(s)	Délai maximal de remise à partir du premier jour d'exécution de la prestation		
	Simple	Moyen	Complexe
Plan projet détaillé et planning avec phases IA	3 jours	5 jours	7 jours
Plan de gestion des risques IA	3 jours	5 jours	7 jours
Tableau de bord de suivi de projet avec métriques IA	Hebdomadaire		
Tableau de bord de performance des modèles	Hebdomadaire (si modèles en cours)		

Livrable(s)	Délai maximal de remise à partir du premier jour d'exécution de la prestation		
	Simple	Moyen	Complexe
Rapports d'activité et de gestion des risques IA	Mensuel		
Rapports de conformité éthique	Mensuel (si applicable)		
Compte rendus de réunions de pilotage et comités IA	48 heures après la réunion		
Rapports de validation des modèles	À chaque jalon de validation		
Présentation de clôture du projet avec bilan IA	En fin de prestation		

IV.1.5 UO 2.1.5 - RÉDACTION DE CAS DE TESTS DE VALIDATION DE PRODUIT IA

OBJET

L'objet de cette UO est de concevoir et de rédiger des scénarios et des cas de tests détaillés pour valider la performance, la robustesse et la conformité des modèles d'intelligence artificielle et des produits développés en couvrant l'ensemble des aspects spécifiques à l'IA (équité, explicabilité, robustesse, sécurité). Cette prestation vise à garantir que les solutions IA répondent aux exigences fonctionnelles et aux métriques de performance définies tout en respectant les standards éthiques et réglementaires.

CONTENU ET MODALITÉS D'EXÉCUTION

Cette prestation est cruciale pour l'assurance qualité des produits IA, en tenant compte des spécificités de l'apprentissage automatique et des données ainsi que des exigences d'IA responsable.

Contenu :

- Définition de la stratégie de tests spécifique aux modèles IA avec couverture complète ;
- Analyse des risques et définition des priorités de test ;
- Rédaction des cas de tests fonctionnels adaptés aux spécificités métier et IA ;

- Rédaction des cas de tests d'équité et de détection de biais ;
- Rédaction des cas de tests de performance et de robustesse incluant tests contradictoires ;
- Rédaction des cas de tests d'explicabilité et d'interprétabilité ;
- Tests de conformité et de biais selon les standards sectoriels ;
- Tests de sécurité et de résistance aux attaques ;
- Définition des jeux de données de validation représentatifs et équilibrés ;
- Définition des métriques et seuils d'acceptation.

Le titulaire travaille en collaboration étendue incluant experts éthique et conformité avec une approche de test basée sur les risques pour prioriser les tests critiques.

PROFIL(S) PRESSENTI(S)

- Testeur Qualité Data / Ingénieur de Test
- Data scientist
- Expert en tests IA / QA spécialisé IA
- Expert en conformité IA (selon complexité)

COMPLEXITÉ DE L'UO

Complexité	Simple	Moyen	Complexe
Type de modèle IA	ML classique	ML avancé/NLP	Deep Learning/Multi-modal
Nombre de cas de tests	≤ 20 tests	21-100 tests	> 100 tests
Automatisation	Tests manuels	Tests semi-automatisés	Tests automatisés
Exigences d'équité	Basiques	Moyennes	Élevées (secteurs critiques)
Complexité des données	Structurées simples	Mixtes	Non-structurées complexes
Exigences réglementaires	Standard	Sectorielles	Critiques
Tests de sécurité	Basiques	Moyens	Avancés

DÉLAIS D'EXÉCUTION DES PRESTATIONS

Complexité	Simple	Moyen	Complexe
Délai maximal entre notification et début	3 jours	7 jours	10 jours
Durée maximale de réalisation	5 jours	7 jours	15 jours

LIVRABLE(S) ET DÉLAIS ASSOCIÉS

Livrible(s)	Délai maximal de remise à partir du premier jour d'exécution de la prestation		
	Simple	Moyen	Complexe
Analyse des risques et stratégie de test	2 jours	3 jours	5 jours
Plan de validation détaillé spécifique IA	3 jours	5 jours	8 jours
Spécification des jeux de données de test	2 jours	4 jours	6 jours
Cas de tests rédigés complets avec métriques	5 jours	7 jours	15 jours
Jeux de données de test	-	+3 jours	+5 jours
Scripts d'automatisation (si applicable)	-	+3 jours	+5 jours
Documentation de traçabilité	1 jour	2 jours	3 jours

IV.1.6 UO 2.1.6 - EXÉCUTION DE CAMPAGNES DE VALIDATION DE PRODUIT IA

OBJET

L'objet de cette UO est d'exécuter les campagnes de tests de validation pour les modèles et produits d'intelligence artificielle, en s'appuyant sur les cas de tests définis dans l'UO 2.1.5. Cette prestation vise à évaluer objectivement la performance et la fiabilité du produit IA avant sa mise en production en garantissant la conformité aux exigences fonctionnelles, techniques et éthiques.

CONTENU ET MODALITÉS D'EXÉCUTION

Cette prestation implique l'exécution rigoureuse des tests, l'analyse des résultats et l'identification des anomalies avec une approche méthodique et traçable.

Contenu :

- Mise en place de l'environnement de test sécurisé et isolé ;
- Préparation et validation des jeux de données de test ;
- Exécution des tests selon la stratégie définie avec traçabilité complète ;
- Exécution des tests spécifiques IA (équité, explicabilité, robustesse) ;
- Analyse des résultats avec comparaison aux seuils d'acceptation ;
- Analyse des métriques d'équité et de détection de biais ;
- Gestion des anomalies avec classification et priorisation ;
- Validation de la conformité réglementaire et éthique ;
- Reporting de validation détaillé avec recommandations ;
- Certification de la qualité et recommandation de mise en production.

Le titulaire utilise une approche itérative avec validation continue et retour et une exécution en parallèle pour optimiser les délais.

PROFIL(S) PRESSENTI(S)

- Testeur Qualité Data / Ingénieur de Test
- Data scientist
- Expert en validation IA / QA Lead
- Analyste conformité IA (selon complexité)

COMPLEXITÉ DE L'UO

Complexité	Simple	Moyen	Complexe
Nombre de tests à exécuter	≤ 50 tests	51-200 tests	> 200 tests
Type de tests	Tests basiques	Tests mixtes	Tests avancés

Complexité	Simple	Moyen	Complexe
Automatisation	Tests manuels	Tests semi-automatisés	Tests automatisés
Durée de campagne	≤ 1 semaine	1-4 semaines	> 4 semaines
Complexité des données	Données simples	Données mixtes	Données complexes/sensibles
Exigences de conformité	Standard	Sectorielles	Critiques

DÉLAIS D'EXÉCUTION DES PRESTATIONS

Complexité	Simple	Moyen	Complexe
Délai maximal entre notification et début	3 jours	5 jours	10 jours
Durée maximale de réalisation	5 jours	10 jours	20 jours

LIVRABLE(S) ET DÉLAIS ASSOCIÉS

Livrible(s)	Délai maximal de remise à partir du premier jour d'exécution de la prestation		
	Simple	Moyen	Complexe
Plan d'exécution de campagne	1 jour	2 jours	3 jours
Rapport de préparation d'environnement	1 jour	2 jours	3 jours
Rapports d'exécution des tests détaillés	1 jour	2 jours	3 jours à la fin de la campagne
Base de données des anomalies et bugs structurée	Mise à jour en continu durant la prestation		
Tableau de bord de suivi de la qualité du produit IA temps réel	Quotidien durant la campagne		
Rapports d'analyse des métriques d'équité	2 jours	3 jours	5 jours
Rapport de synthèse de validation finale avec certification	2 jours	3 jours	5 jours à la fin de la prestation

Livrable(s)	Délai maximal de remise à partir du premier jour d'exécution de la prestation		
	Simple	Moyen	Complexe
Recommandations de mise en production	1 jour	2 jours	3 jours

IV.1.7 UO 2.1.7 - RÉVERSIBILITÉ

OBJET

L'objet de cette UO est de garantir la réversibilité complète des prestations et des données à la fin du marché ou en cas de résiliation anticipée en tenant compte des spécificités des projets IA (modèles, pipelines MLOps, données d'entraînement, monitoring). Cela inclut le transfert des connaissances, des outils, des applications et des données vers l'administration ou un prestataire tiers, afin d'assurer la continuité des services sans interruption et la pérennité des solutions IA développées. Elle nécessite des déplacements.

CONTENU ET MODALITÉS D'EXÉCUTION

La prestation de réversibilité doit être planifiée et exécutée de manière méthodique, en collaboration avec l'administration avec une attention particulière aux aspects techniques et éthiques de l'IA.

Contenu :

- Plan de réversibilité spécifique aux projets IA avec inventaire complet ;
- Audit et inventaire des actifs IA (modèles, données, pipelines) ;
- Transfert de connaissances incluant expertise IA et bonnes pratiques ;
- Transfert des modèles IA et de leurs métadonnées ;
- Transfert de données et d'applications avec respect de la conformité RGPD ;
- Transfert des pipelines MLOps et de l'infrastructure ;
- Documentation technique, fonctionnelle et éthique complète ;
- Transfert des outils de monitoring et de gouvernance IA ;
- Accompagnement post-transfert avec support spécialisé IA ;
- Validation de la continuité opérationnelle des solutions IA.

Le titulaire utilise une phase de planification dès le début du projet avec mise à jour continue et une approche progressive par composants pour minimiser les risques.

PROFIL(S) PRESSENTI(S)

- Chef de projet Réversibilité / Consultant Senior
- Ingénieur Data / Architecte Système
- Expert MLOps / Architecte IA
- Data Scientist Senior (selon complexité)
- Expert en conformité IA (selon complexité)

COMPLEXITÉ DE L'UO

Complexité	Simple	Moyen	Complexe
Nombre de modèles IA	1-2 modèles	3-10 modèles	> 10 modèles
Complexité des données	Données simples	Données mixtes	Données sensibles/complexes
Infrastructure	Environnement unique	Multi-environnements	Cloud hybride/multi-cloud
Pipelines MLOps	Basiques	Moyens	Avancés (CI/CD complet)
Exigences de conformité	Standard	Sectorielles	Critiques (RGPD strict)
Nombre d'équipes impliquées	≤ 5 personnes	6-15 personnes	> 15 personnes
Criticité métier	Standard	Important	Critique (production 24/7)

DÉLAIS D'EXÉCUTION DES PRESTATIONS

Complexité	Simple	Moyen	Complexe
Délai maximal entre notification et début	5 jours	10 jours	15 jours
Durée maximale de réalisation	15 jours	30 jours	60 jours

LIVRABLE(S) ET DÉLAIS ASSOCIÉS

Livraison(s)	Délai maximal de remise à partir du premier jour d'exécution de la prestation		
	Simple	Moyen	Complexe
Inventaire des actifs IA	3 jours	5 jours	10 jours
Plan de réversibilité détaillé spécifique IA	5 jours	10 jours	15 jours
Package de transfert des modèles IA	5 jours	15 jours	30 jours
Rapport de transfert de données et d'applications avec conformité	Selon planning de réversibilité		
Documentation de transfert MLOps	3 jours	7 jours	15 jours
Documentation technique et fonctionnelle complète IA	A la fin du transfert		
Rapport de validation de continuité	2 jours	5 jours	10 jours
Procès-verbal de réversibilité avec certification	5 jours	7 jours	10 jours après la fin

IV.1.8 UO 2.1.8 - SPRINT AGILE IA

OBJET

L'objet de cette UO est de réaliser des travaux spécifiques sous forme de sprints agiles, en adaptant leur dimensionnement multifactoriel (valeur, complexité, risque, dépendances) aux besoins des projets data et IA avancés. Cette prestation vise à fournir une méthodologie de travail moderne, data-driven et outcome-focused, permettant une livraison continue de valeur, une adaptation temps réel aux changements et une collaboration DevSecOps entre les équipes.

Cette UO est une activité de delivery agile et d'exécution technique DevSecOps.

Framework de dimensionnement des sprints :

- **Sprint XS (eXtra Small)** : 2-3 jours, traitement d'anomalies critiques, spikes (démonstrateurs) techniques, proof of concepts rapides
- **Sprint S (Small)** : 1 semaine, features atomiques, traitement d'anomalies, optimisations ponctuelles, configuration changes
- **Sprint M (Medium)** : 2 semaines, features complètes, intégrations standards, refactorisation modérée, nouvelles sources de données
- **Sprint L (Large)** : 3 semaines, epics complexes, migrations majeures, nouvelles capacités plateforme, intégrations complexes
- **Sprint XL (eXtra Large)** : 4 semaines, transformations architecturales, projets de recherche, POCs étendus

Critères de dimensionnement multifactoriels :

- **Valeur métier** : Impact sur les objectifs métier (High/Medium/Low)
- **Complexité technique** : Complexité technique (Simple/Moderate/Complex)
- **Niveau de risque** : Niveau de risque (Low/Medium/High)
- **Dépendences** : Nombre et criticité des dépendances
- **Capacité de l'équipe** : Capacité et expertise de l'équipe
- **Incertitude** : Niveau d'incertitude

Sprint Planning:

- **Capacity planning** avec vélocité de l'équipe
- **Story point estimation** avec planning poker et relative sizing
- **Risk assessment** et mitigation planning avec ROAM
- **Definition of Ready** et Definition of Done clairs
- **Sprint objectifs** orientés valeur métier

Sprint d'innovation :

- Hackathons d'exploration des besoins
- Apprentissage
- Traitement du reste à faire

Exécution DevOps intégrée :

- **Application du cadre SAFe**
- **Réalisation de Features** : découpées en User Stories, mesure de la valeur
- **Continuous Integration/Continuous Deployment (CI/CD)**
- **Infrastructure as Code (IaC)** et GitOps
- **Tests automatisés** (unit, integration, fonctionnel, sécurité)
- **Mesure du niveau de qualité du code**
- **Feature flags** et déploiement progressif
- **Monitoring** et observabilité en temps réel

PROFIL(S) PRESENTI(S)

- Ingénieur Data / Développeur Data (Lead technique) certifiés SAFe for teams
- Scrum Master certifié SAFe Scrum Master
- Product Owner Data
- Ingénieur DevOps / SRE
- Data Engineer Senior

DÉTERMINATION DU NIVEAU DE COMPLEXITÉ

Unité	XS	S	M	L	XL
Sprint	Hotfix/Spike	Feature simple	Feature complète	Epic complexe	Transformation
Valeur métier	Critique	Élevée	Moyenne	Élevée	Stratégique
Risques techniques	Très faible	Faible	Moyen	Élevé	Très élevé
Effort équipe	1-2 personnes	2-3 personnes	3-5 personnes	5-7 personnes	7+ personnes
Dépendances	Aucune	Minimales	Modérées	Nombreuses	Critiques
Incertitude	Très faible	Faible	Moyenne	Élevée	Très élevée

DÉLAIS D'EXÉCUTION DES PRESTATIONS

Complexité	XS	S	M	L	XL
Délai applicable	15 jours				

LIVRABLE(S) ET DÉLAIS ASSOCIÉS

Livrable(s)	Délai maximal de remise
Sprint planning artifacts (capacité, vitesse, objectifs)	Début de sprint
Definition of Ready/Done, checklist	Début de sprint
Backlog de sprint avec story points et critères d'acceptation	En début de chaque sprint
CI/CD pipeline configuration	J+1 du sprint
Cas de tests automatisés	En continu
Code source versionné avec Revue de code et de des objectifs qualité et sécurité	À la fin de chaque sprint
Infrastructure as Code (IaC), scripts	À la fin de chaque sprint
Composants déployés avec monitoring et alerting	À la fin de chaque sprint
Résultats de tests de Performance et de sécurité	À la fin de chaque sprint
Documentation technique auto-générée et à jour	Au fil de l'eau
Tableau de bord de suivi des sprint	Temps réel
Compte rendu de démonstration et de rétrospective	1 jour après la revue
Compte-rendu de revue avec les mesures d'impact métier	1 jour ouvré après la revue
Compte-rendu de rétrospective avec plan d'actions d'amélioration	1 jour ouvré après la rétrospective

IV.2 PRESTATION L2-2 : PRÉPARATION ET ANALYSE DES DONNÉES POUR L'IA

Cette prestation permet de déterminer les données à récupérer, de les analyser, de mesurer leur qualité et de faire le lien entre ces données et leur signification d'un point de vue métier.

IV.2.1 UO 2.2.1 - COLLECTE, EXTRACTION ET STOCKAGE DES DONNÉES CIBLES

OBJET

L'objectif de cette UO est de rendre accessible les données (ou un échantillon représentatif) dans un contexte de développement en respectant les exigences de sécurité et de conformité réglementaire. En fonction des hypothèses-métiers que le titulaire construit pour répondre à la problématique évoquée par l'administration dans son expression de besoin technique puis fixée dans son bon de commande, la prestation consiste ensuite à récupérer, au sein des infrastructures du bénéficiaire et/ou à l'extérieur des infrastructures du bénéficiaire, les données jugées pertinentes pour démontrer les hypothèses du titulaire tout en garantissant la protection des données personnelles et la conformité RGPD.

CONTENU ET MODALITÉS D'EXÉCUTION

Les données internes du bénéficiaire sont celles qu'il possède. Ces données peuvent être stockées dans des bases de données, des fichiers numériques différenciés, des mails, des fichiers de logs, des photos, des archives, des interfaces de programmation web (« API »), etc.

Les données externes sont l'ensemble des données qui ne sont pas produites par l'administration lui-même (exemples : données de réseaux sociaux, Open Data).

Types de données collectées :

- Données structurées : Bases de données relationnelles, fichiers CSV, APIs REST
- Données semi-structurées : JSON, XML, logs applicatifs
- Données non-structurées : Textes, images, vidéos, documents
- Données temps réel : Flux de données, streaming, IoT
- Données externes : Open Data, APIs publiques, données tierces

Processus de collecte sécurisé :

1. Analyse des sources : Identification et cartographie des données
2. Évaluation RGPD : Classification des données personnelles
3. Sécurisation des accès : Authentification, chiffrement, audit
4. Extraction contrôlée : Respect des volumes et fréquences
5. Anonymisation/Pseudonymisation : Traitement des données sensibles
6. Validation qualité : Vérification de l'intégrité et complétude

En vue d'une meilleure anticipation et d'une meilleure maîtrise des contraintes techniques pouvant être rencontrées lors de l'industrialisation des traitements d'alimentation, il est attendu que le titulaire réalise un prototype opérationnel de ces traitements incluant les aspects de sécurité et de conformité. Les traitements de ce prototype font partie des livrables attendus de cette prestation.

Aspects de conformité et sécurité :

- Conformité RGPD : Respect des principes de minimisation et finalité
- Sécurité des données : Chiffrement en transit et au repos
- Traçabilité : Logs d'accès et de traitement des données
- Anonymisation : Techniques de protection des données personnelles
- Gouvernance : Politiques d'accès et de rétention des données

Système de traçabilité complet :

- Catalogage des sources : Référencement de toutes les sources avec métadonnées complètes
- Lineage de collecte : Traçabilité de l'origine de chaque donnée collectée
- Journalisation détaillée : Logs horodatés de toutes les opérations de collecte
- Visualisation du lineage : Diagrammes montrant le flux de données de la source à la destination

L'UO comprend également un transfert de compétence du titulaire vers un groupe maximal de cinq (5) personnes appartenant aux services du bénéficiaire incluant les aspects de sécurité et de conformité. Ce transfert n'excède pas une demi-journée. Il est réalisé dans les locaux du bénéficiaire sur du matériel du bénéficiaire et sur la base de la solution développée par le titulaire au titre de l'UO. A l'issue du transfert de compétence, le(s) représentant(s) du bénéficiaire est (sont) autonome(s) quant à la maîtrise du contenu de l'UO. A l'issue de ce transfert de compétence, le titulaire remet à chaque participant un mémento reprenant les points essentiels (connaissances et méthodes) traités à l'occasion du transfert.

PROFIL(S) PRESENTI(S)

- Ingénieur data
- Data scientist
- Expert en sécurité des données (selon complexité)
- Consultant RGPD (selon complexité)

COMPLEXITÉ DE L'UO

Complexité	Simple	Moyen	Complexe
Nombre de sources	1-2 sources	3-10 sources	> 10 sources
Type de données	Structurées uniquement	Mixtes	Non-structurées majoritaires
Données externes	Non	Quelques sources	Nombreuses sources
Volume de données	< 1 GB	1-100 GB	> 100 GB
Données personnelles	Aucune	Quelques champs	Nombreuses données sensibles
Complexité technique	APIs simples	APIs complexes/Scraping	Streaming/Temps réel

Complexité	Simple	Moyen	Complexe
Exigences sécurité	Standard	Moyennes	Élevées

DÉLAIS D'EXÉCUTION DES PRESTATIONS

Complexité	Simple	Moyen	Complexe
Délai maximal entre notification et début	3 jours	5 jours	7 jours
Durée maximale de réalisation	10 jours	20 jours	35 jours

LIVRABLE(S) ET DÉLAIS ASSOCIÉS

Livrible(s)	Délai maximal de remise à partir du premier jour d'exécution de la prestation		
	Simple	Moyen	Complexe
Analyse des sources et plan de collecte	2 jours	3 jours	5 jours
Évaluation RGPD et plan de conformité	-	3 jours	5 jours
Jeu de données exploitables dans l'environnement de développement sécurisé	Premier (ou unique) jeu de données : 5 jours à partir du premier jour d'exécution de la prestation ; Jeux de données suivants : tous les 5 jours à partir de la remise du premier jeu de données.		
Prototype avec sécurisation	Concomitant à la remise de chaque jeu de données.		
Documentation technique des traitements réalisés incluant sécurité	3 jours après la livraison du dernier jeu de données		
Rapport de conformité RGPD	-	5 jours	7 jours après livraison
Mémento du transfert de compétence avec aspects sécurité	5 jours après la livraison du dernier jeu de données		
Schéma de traçabilité des sources de données (Data Lineage - Niveau 1)	3 jours	5 jours	7 jours
Catalogue de métadonnées	3 jours	5 jours	8 jours

Livvable(s)	Délai maximal de remise à partir du premier jour d'exécution de la prestation		
	Simple	Moyen	Complexe
des sources			

Contenu du schéma de traçabilité :

- **Inventaire des sources :**
 - Identification unique de chaque source
 - Localisation (base de données, API, fichier, etc.)
 - Propriétaire et responsable de la source
 - Fréquence de mise à jour
- **Métadonnées des données collectées :**
 - Description des champs/variables
 - Type et format des données
 - Volume et période couverte
 - Qualité estimée de la source
- **Traçabilité de la collecte :**
 - Date et heure de collecte
 - Méthode de collecte (API, extraction SQL, scraping, etc.)
 - Transformations appliquées lors de la collecte
 - Responsable de la collecte
- **Conformité et sécurité :**
 - Classification des données (personnelles, sensibles, etc.)
 - Consentements et autorisations
 - Chiffrement et sécurisation appliqués
 - Durée de rétention prévue

IV.2.2 UO 2.2.2 - PROFILAGE ET ANALYSE QUALITÉ DES DONNÉES

OBJET

L'UO a pour objet la détermination de la complétude, de l'intégrité, de la cohérence, du respect de référentiels, de la normalisation d'un jeu de données dans le cadre d'un scénario retenu par l'administration. Cette analyse inclut les aspects spécifiques aux projets d'intelligence artificielle : détection de biais, analyse de la représentativité des données, évaluation de la qualité pour l'apprentissage automatique et conformité aux exigences d'équité et d'explicabilité.

CONTENU ET MODALITÉS D'EXÉCUTION

La prestation se déroule sous la forme d'un traitement portant sur les données (sources réelles). Elle a pour objectif l'analyse de la documentation et de la qualité des données. Elle donne lieu à l'établissement d'un rapport d'audit de données.

Le rapport d'audit de données inclut pour chaque attribut considéré :

- l'analyse de qualité de la donnée : la complétude, l'intégrité, la cohérence, le respect de référentiels, la normalisation ;
- l'analyse spécifique IA : détection de biais potentiels, analyse de la distribution des données, évaluation de la représentativité des échantillons, identification des variables sensibles ;
- la liste des rejets pour cause de non qualité ;
- des préconisations de traitement de redressement de la donnée ;
- des recommandations pour l'amélioration de la qualité des données en vue de l'utilisation en IA (techniques de rééquilibrage, stratégies de collecte complémentaire, méthodes de traitement des biais) ;
- une évaluation de la conformité RGPD et des aspects éthiques liés à l'utilisation des données.

À titre de prérequis, l'administration met à disposition du titulaire :

- la documentation (si existante) associée à la source de données ;
- un accès à une extraction des données sources réelles ;
- le contexte d'utilisation prévu (type de modèle IA, objectifs métier, contraintes réglementaires).

PROFIL(S) PRESSENTI(S)

- Data scientist Senior spécialisé en qualité des données
- Ingénieur Qualité Data
- Expert en gouvernance des données (pour les aspects RGPD/éthique)

COMPLEXITÉ DE L'UO

Complexité	Simple	Moyen	Complexe
Nombre de sources de données	1 source	2 à 5 sources	Plus de 5 sources

Complexité	Simple	Moyen	Complexe
Volume de données par source	< 1 Go	1 Go à 10 Go	> 10 Go
Présence de données non structurées	NON	Minoritaires (< 30%)	Majoritaires (≥ 30%)
Complexité des analyses IA requises	Analyses standard	Détection de biais simple	Analyses avancées (biais multiples, intersectionnalité)
Exigences de conformité	Aucune exigence spécifique	RGPD standard	RGPD + secteur réglementé

DÉLAIS D'EXÉCUTION DES PRESTATIONS

Complexité	Simple	Moyen	Complexe
Délai applicable	2 jours	5 jours	10 jours

LIVRABLE(S) ET DÉLAIS ASSOCIÉS

Livrable(s)	Délai maximal de remise à partir du premier jour d'exécution de la prestation		
	Simple	Moyen	Complexe
Rapport d'audit de données	7 jours	15 jours	30 jours
Rapport d'analyse des biais et recommandations IA	5 jours	10 jours	20 jours
Matrice de qualité des données pour IA	3 jours	7 jours	15 jours
Plan d'amélioration de la qualité (si nécessaire)	5 jours	10 jours	20 jours

IV.2.3 UO 2.2.3 - NETTOYAGE, NORMALISATION ET TRANSFORMATION (FEATURE ENGINEERING)

OBJET

L'UO a pour objet de traiter les données afin de les rendre exploitables dans un contexte d'apprentissage automatique par un algorithme. Cette prestation inclut le nettoyage avancé, la normalisation, la transformation et le feature engineering optimisés pour les projets d'intelligence artificielle, en tenant compte des exigences de performance, d'équité et d'explicabilité des modèles.

CONTENU ET MODALITÉS D'EXÉCUTION

Le nettoyage et la préparation des données comprennent au minimum :

- Le traitement des cas de données manquantes (en les supprimant ou en les remplaçant par des valeurs par défaut) afin d'obtenir une meilleure performance du modèle prédictif ;
- L'application de techniques avancées d'imputation (imputation multiple, imputation par modèle, imputation contextuelle) ;
- Le traitement des cas de valeurs aberrantes ("outliers data") afin de ne pas biaiser le modèle prédictif et d'obtenir un modèle qui se généralise correctement ;
- La détection et le traitement des outliers par des méthodes statistiques et d'apprentissage automatique (isolation forest, DBSCAN, etc.) ;

Le feature engineering comprend :

- Création de nouvelles variables : agrégations temporelles, ratios, interactions entre variables, variables dérivées ;
- Transformations mathématiques : logarithmiques, polynomiales, trigonométriques selon le contexte métier ;
- Encodage des variables catégorielles : one-hot encoding, label encoding, target encoding, embeddings ;
- Normalisation et standardisation : min-max scaling, z-score, robust scaling, quantile transformation ;
- Réduction de dimensionnalité : PCA, t-SNE, UMAP selon les besoins ;
- Traitement des séries temporelles : extraction de tendances, saisonnalité, features temporelles ;
- Gestion des déséquilibres de classes : techniques de sur-échantillonnage (SMOTE) et sous-échantillonnage ;

La gestion des biais et de l'équité comprend :

- Analyse des biais potentiels introduits par les transformations ;
- Techniques de débiaisage : repondération, transformation équitable des variables sensibles ;
- Validation de l'équité : vérification que les transformations ne créent pas de discrimination ;

L'optimisation pour l'IA comprend :

- Préparation spécifique par type de modèle : réseaux de neurones, arbres de décision, modèles linéaires ;
- Validation croisée des transformations : évaluation de l'impact sur les performances ;
- Pipeline de transformation reproductible : versioning et traçabilité des transformations ;

L'UO comprend également un transfert de compétence du titulaire vers un groupe maximal de cinq (5) personnes appartenant aux services du bénéficiaire. Ce transfert peut s'étendre sur une journée complète pour couvrir les aspects avancés du feature engineering. Il est réalisé dans les locaux du bénéficiaire sur du matériel du bénéficiaire et sur la base de la solution développée par le titulaire au titre de l'UO. À l'issue du transfert de compétence, le(s) représentant(s) du bénéficiaire est (sont) autonome(s) quant à la maîtrise du contenu de l'UO. À l'issue de ce transfert de compétence, le titulaire remet à chaque participant un mémento reprenant les points essentiels (connaissances et méthodes) traités à l'occasion du transfert.

PROFIL(S) PRESSENTI(S)

- Datascientist Senior spécialisé en feature engineering
- Ingénieur Machine Learning
- Expert en traitement de données (pour les données non structurées)

COMPLEXITÉ DE L'UO

Complexité	Simple	Moyen	Complexe
Nombre de sources de données	1 source	2 à 5 sources	Plus de 5 sources
Volume de données par source	< 1 Go	1 Go à 10 Go	> 10 Go

Complexité	Simple	Moyen	Complexe
Présence de données non structurées	NON	Minoritaires (< 30%)	Majoritaires (≥ 30%)
Complexité du feature engineering	Transformations standard	Feature engineering modéré	Feature engineering avancé (NLP, vision, séries temporelles)
Exigences de débiaisage	Aucune	Débiaisage simple	Débiaisage complexe (intersectionnalité)
Types de modèles cibles	Modèles simples	Modèles multiples	Ensemble de modèles complexes

DÉLAI MAXIMAL ENTRE LA NOTIFICATION DU BON DE COMMANDE ET LE DÉBUT D'EXÉCUTION DES PRESTATIONS

Complexité	Simple	Moyen	Complexe
Délai applicable	3 jours	7 jours	15 jours

LIVRABLE(S) ET DÉLAIS ASSOCIÉS

Livraison(s)	Délai maximal de remise à partir du premier jour d'exécution de la prestation		
	Simple	Moyen	Complexe
Documentation technique des traitements mis en œuvre	7 jours	15 jours	30 jours
Code des traitements mis en œuvre (dépôt Git par exemple)	7 jours	15 jours	30 jours
Lot de données disponibles et exploitables en environnement de développement	7 jours	15 jours	30 jours
Pipeline de transformation reproductible et versionné	5 jours	10 jours	20 jours
Rapport d'analyse des transformations et de leur impact	7 jours	15 jours	25 jours
Rapport d'évaluation des biais et mesures correctives	5 jours	10 jours	20 jours

Livrable(s)	Délai maximal de remise à partir du premier jour d'exécution de la prestation		
	Simple	Moyen	Complexe
Dictionnaire des features créées avec justifications métier	5 jours	10 jours	15 jours
Mémento du transfert de compétence	10 jours	20 jours	30 jours
Documentation du lineage des transformations (Data Lineage - Niveau 2)	7 jours	15 jours	25 jours
Graphe de traçabilité des transformations	5 jours	10 jours	20 jours
Journal des transformations (audit trail)	5 jours	10 jours	20 jours

Contenu de la documentation de lineage :

- **Inventaire des transformations :**
 - Liste exhaustive de toutes les transformations appliquées
 - Ordre d'application des transformations
 - Dépendances entre transformations
 - Justification métier/technique de chaque transformation
- **Traçabilité field-level :**
 - Pour chaque champ final, origine et transformations appliquées
 - Formules et algorithmes utilisés
 - Impact de chaque transformation (statistiques avant/après)
- **Versioning des transformations :**
 - Version du pipeline de transformation
 - Historique des modifications du pipeline
 - Impact des changements de version
- **Reproductibilité :**
 - Code source versionné des transformations
 - Configuration et paramètres utilisés
 - Environnement d'exécution
 - Seeds et états aléatoires pour la reproductibilité

Graphe de traçabilité :

- Visualisation graphique du flux de transformations
- Diagramme de flux de données (DFD)
- Mapping source-to-target détaillé
- Export en formats standards (JSON, XML, etc.)

Journal des transformations :

- Logs horodatés de toutes les exécutions
- Volumes traités à chaque étape

- Données rejetées/filtrées avec raisons
- Alertes et anomalies détectées

IV.2.4 UO 2.2.4 - ANALYSE EXPLORATOIRE DES DONNÉES

OBJET

L'UO a pour objet la réalisation d'une analyse exploratoire afin de :

- mieux comprendre les données ;
- valider leur cohérence et leur utilité pour de futures utilisations plus approfondies (algorithmes) ;
- identifier les patterns, tendances et anomalies pertinents pour les projets d'intelligence artificielle ;
- évaluer la faisabilité et orienter le choix des algorithmes d'apprentissage automatique.

La prestation consiste à analyser les données et :

- à en proposer une représentation adaptée aux spécificités des données et aux objectifs IA ;
- à en distinguer les particularités et éventuellement les signaux faibles ;
- à dégager les pistes de traitement et d'exploitation optimisées pour l'apprentissage automatique ;
- à identifier les biais potentiels et les problèmes d'équité dans les données ;
- à évaluer la qualité et la représentativité des données pour les modèles IA.

L'analyse ainsi conduite donne lieu à élaboration d'un rapport qui inclut au minimum :

- les indicateurs discriminants ;
- les variables descriptives avec leur importance pour les modèles prédictifs ;
- les typologies de représentation des données ;
- les graphes de modélisation des résultats ;
- l'analyse des corrélations et des interactions entre variables ;
- l'identification des variables cibles et explicatives potentielles ;

- l'analyse de la distribution des classes et des déséquilibres ;
- la détection des biais et des variables sensibles ;
- les recommandations pour le preprocessing et le feature engineering ;
- l'évaluation de la faisabilité des différents types de modèles IA.

En outre, le titulaire est tenu de présenter le rapport d'analyse et d'en argumenter le contenu dans le cadre d'un atelier de restitution incluant une session de questions-réponses avec les équipes métier et techniques.

CONTENU ET MODALITÉS D'EXÉCUTION

L'analyse exploratoire comprend :

Analyses statistiques avancées :

- Statistiques descriptives complètes : distribution, tendance centrale, dispersion, asymétrie ;
- Analyse des corrélations : matrices de corrélation, analyse des colinéarités ;
- Tests statistiques : normalité, stationnarité (pour les séries temporelles), homoscedasticité ;
- Analyse des valeurs manquantes : patterns, mécanismes (MCAR, MAR, MNAR).

Analyses spécifiques IA :

- Analyse de la séparabilité des classes : pour les problèmes de classification ;
- Détection de valeurs aberrantes multivariés : isolation forest, DBSCAN, méthodes statistiques ;
- Analyse de la dimensionnalité : évaluation du besoin de réduction de dimension ;
- Évaluation de la complexité des patterns : linéarité vs non-linéarité des relations.

Analyses des biais et d'équité :

- Identification des variables sensibles : âge, genre, origine, etc. ;
- Analyse des biais de représentation : sous-représentation de certains groupes ;
- Évaluation de l'équité : parité démographique, égalité des chances ;
- Impact des variables protégées : corrélations indirectes, variables proxy.

Visualisations avancées :

- Graphiques interactifs : exploration dynamique des données ;
- Visualisations multidimensionnelles : t-SNE, UMAP pour les données complexes ;
- Cartes de chaleurs et matrices : corrélations, confusion, importance des variables ;
- Graphiques temporels : pour les séries temporelles et données séquentielles.

L'UO comprend également un transfert de compétence du titulaire vers un groupe maximal de cinq (5) personnes appartenant aux services du bénéficiaire. Ce transfert peut s'étendre sur une journée complète pour couvrir les aspects avancés de l'analyse exploratoire pour l'IA. Il est réalisé dans les locaux du bénéficiaire sur du matériel du bénéficiaire et sur la base de la solution développée par le titulaire au titre de l'UO. À l'issue du transfert de compétence, le(s) représentant(s) du bénéficiaire est (sont) autonome(s) quant à la maîtrise du contenu de l'UO. À l'issue de ce transfert de compétence, le titulaire remet à chaque participant un mémento reprenant les points essentiels (connaissances et méthodes) traités à l'occasion du transfert.

PROFIL(S) PRESSENTI(S)

- Data scientist Senior spécialisé en analyse exploratoire
- Spécialiste data visualisation avec expertise en visualisation interactive
- Statisticien / Expert en analyse de données
- Expert en éthique des données (pour l'analyse des biais)

COMPLEXITÉ DE L'UO

Complexité	Simple	Moyen	Complexe
Nombre de sources de données	1 source	2 à 5 sources	Plus de 5 sources
Volume de données par source	< 1 Go	1 Go à 10 Go	> 10 Go
Nombre de variables à analyser	< 20 variables	20 à 100 variables	> 100 variables
Présence de données non structurées	NON	Minoritaires (< 30%)	Majoritaires (≥ 30%)
Complexité des	Analyses	Analyses	Analyses expertes (ML, deep

Complexité	Simple	Moyen	Complexe
analyses requises	standard	avancées	learning)
Exigences d'analyse des biais	Aucune	Analyse simple	Analyse approfondie (intersectionnalité)
Types de données	Données tabulaires simples	Données mixtes	Données complexes (texte, image, séries temporelles)

DÉLAIS D'EXÉCUTION DES PRESTATIONS

Complexité	Simple	Moyen	Complexe
Délai applicable	5 jours	10 jours	15 jours

LIVRABLE(S) ET DÉLAIS ASSOCIÉS

Livraison(s)	Délai maximal de remise à partir du premier jour d'exécution de la prestation		
	Simple	Moyen	Complexe
Rapport d'analyse exploratoire complet	12 jours	20 jours	35 jours
Notebooks d'analyse interactifs	10 jours	18 jours	30 jours
Rapport d'analyse des biais et recommandations	8 jours	15 jours	25 jours
Tableau de bord interactif d'exploration	10 jours	18 jours	30 jours
Recommandations pour le choix d'algorithmes	8 jours	15 jours	25 jours
Support de l'atelier de restitution	14 jours	22 jours	37 jours
Mémento du transfert de compétence	14 jours	22 jours	37 jours
Cartographie de l'origine et qualité des variables	8 jours	15 jours	25 jours

Contenu de la cartographie :

- Pour chaque variable analysée :
 - Source d'origine (référence au lineage)
 - Transformations appliquées pour l'obtenir
 - Qualité de la donnée source vs finale
 - Recommandations sur la fiabilité pour l'IA

IV.3 PRESTATION L2-3 : DÉVELOPPEMENT ET VALIDATION DES MODÈLES IA

La Prestation L2-3 est dédiée à la **modélisation des données pour les projets de Data Science et d'IA**. Son objectif est de structurer et transformer les données de manière optimale pour être utilisées par les algorithmes d'apprentissage automatique ou les analyses statistiques. En résumé, la Prestation L2-3 est essentielle pour préparer et organiser les données de manière à ce qu'elles soient exploitables et performantes pour le développement et l'exécution des modèles d'intelligence artificielle et de science des données.

IV.3.1 UO 2.3.1 - DÉFINITION DE L'APPROCHE ALGORITHMIQUE (TYPE DE MODÈLE, CRITÈRES DE SÉLECTION)

OBJET

L'objet de cette UO est de choisir, paramétrer, concevoir, et tester les approches algorithmiques pour les données d'un cas d'usage. Cette sélection s'appuie sur une méthodologie rigoureuse prenant en compte les performances, l'explicabilité, l'équité, la robustesse et les contraintes opérationnelles. L'UO vise à identifier l'approche algorithmique optimale en tenant compte des spécificités métier et des exigences d'IA responsable.

CONTENU ET MODALITÉS D'EXÉCUTION

L'UO se déroule sous la forme d'une démarche exploratoire et incrémentale qui vise à modéliser les algorithmes. La modélisation comprend le choix, le paramétrage et le test de différents algorithmes ainsi que leur enchaînement.

La méthodologie de sélection comprend :

Analyse des contraintes et exigences :

- Contraintes techniques : volume de données, temps de calcul, ressources disponibles ;
- Exigences métier : précision requise, temps de réponse, fréquence de mise à jour ;
- Exigences réglementaires : explicabilité, auditabilité, conformité RGPD ;
- Exigences éthiques : équité, non-discrimination, robustesse aux biais.

Sélection des familles d'algorithmes candidates :

- Apprentissage supervisé : régression, classification (linéaire, arbres, ensemble, réseaux de neurones) ;
- Apprentissage non supervisé : clustering, réduction de dimensionnalité, détection d'anomalies ;
- Apprentissage profond : réseaux de neurones, CNN, RNN, transformers selon le contexte ;
- Apprentissage par renforcement : si applicable au cas d'usage ;
- Approches hybrides : combinaison de plusieurs techniques.

Critères de comparaison multidimensionnels :

- Performance : métriques adaptées au problème (précision, F1, AUC, RMSE, etc.) ;

- Explicabilité : capacité à expliquer les décisions (SHAP, LIME, modèles intrinsèquement explicables) ;
- Robustesse : stabilité face aux variations de données, résistance aux attaques adverses ;
- Équité : absence de biais discriminatoires, parité démographique ;
- Efficacité opérationnelle : temps d'entraînement, temps d'inférence, consommation de ressources ;
- Maintenabilité : facilité de mise à jour, de monitoring, de débogage.

Processus de validation :

- Validation croisée : évaluation robuste des performances ;
- Tests de robustesse : évaluation sur données perturbées ;
- Analyse des biais : tests d'équité sur différents sous-groupes ;
- Benchmarking : comparaison avec l'état de l'art.

L'UO comprend également :

- un rapport de synthèse décrivant cette démarche et les performances du modèle ainsi qu'un atelier de restitution de ce rapport ;
- une matrice de décision multicritères justifiant le choix final ;
- un transfert de compétence du titulaire vers un groupe maximal de cinq (5) personnes appartenant aux services du bénéficiaire. Ce transfert peut s'étendre sur une journée complète pour couvrir les aspects avancés de sélection d'algorithmes. Il est réalisé dans les locaux du bénéficiaire sur du matériel du bénéficiaire et sur la base de la solution développée par le titulaire au titre de l'UO. À l'issue du transfert de compétence, le(s) représentant(s) du bénéficiaire est (sont) autonome(s) quant à la maîtrise du contenu de l'UO. À l'issue de ce transfert de compétence, le titulaire remet à chaque participant un mémento reprenant les points essentiels (connaissances et méthodes) traités à l'occasion du transfert.

PROFIL(S) PRESSENTI(S)

- Datascientist Senior spécialisé en sélection d'algorithmes
- Expert en Machine Learning / Architecte IA
- Spécialiste en IA explicable (pour les exigences d'explicabilité)
- Expert en éthique IA (pour l'évaluation des biais)

COMPLEXITÉ DE L'UO

Complexité	Simple	Moyen	Complexe
Nombre d'algorithmes à comparer	2 à 3 algorithmes	4 à 6 algorithmes	Plus de 6 algorithmes
Types de données	Données tabulaires simples	Données mixtes (structurées + non structurées minoritaires)	Données complexes (texte, image, séries temporelles)
Exigences d'explicabilité	Aucune exigence spécifique	Explicabilité modérée	Explicabilité forte (secteur réglementé)
Contraintes de performance	Standards	Contraintes modérées (temps réel, volume)	Contraintes fortes (haute performance, très gros volumes)
Complexité du cas d'usage	Problème standard (classification/régression simple)	Problème modéré (multi-classes, séries temporelles)	Problème complexe (NLP, vision, multi-modal)
Exigences d'équité	Aucune	Analyse de biais standard	Analyse approfondie (intersectionnalité)

DÉLAIS D'EXÉCUTION DES PRESTATIONS

Complexité	Simple	Moyen	Complexe
Délai applicable	5 jours	10 jours	15 jours

LIVRABLE(S) ET DÉLAIS ASSOCIÉS

Livrible(s)	Délai maximal de remise à partir du premier jour d'exécution de la prestation		
	Simple	Moyen	Complexe
Rapport d'analyse des contraintes et exigences	7 jours	12 jours	20 jours
Matrice de comparaison des algorithmes candidats	10 jours	18 jours	30 jours
Modèles déployés en	15 jours	25 jours	45 jours

Livrable(s)	Délai maximal de remise à partir du premier jour d'exécution de la prestation		
	Simple	Moyen	Complexe
environnement de développement			
Rapport d'évaluation des performances et de l'équité	12 jours	20 jours	35 jours
Analyse d'explicabilité des modèles sélectionnés	10 jours	18 jours	30 jours
Rapport de synthèse (accompagné de sa présentation en atelier de restitution)	15 jours	25 jours	45 jours
Matrice de décision multicritères et recommandations	12 jours	20 jours	35 jours
Support de l'atelier de restitution	17 jours	27 jours	47 jours
Mémento du transfert de compétence	17 jours	27 jours	47 jours

IV.3.2 UO 2.3.2 - DÉVELOPPEMENT ET ENTRAÎNEMENT DU MODÈLE

OBJET

L'objet de cette UO est de développer et d'entraîner le modèle d'intelligence artificielle retenu à l'issue de l'UO 2.3.1. Cette phase comprend l'implémentation du modèle selon les meilleures pratiques MLOps, l'entraînement optimisé avec suivi des expériences, et la validation complète incluant les aspects de robustesse, d'équité et d'explicabilité.

CONTENU ET MODALITÉS D'EXÉCUTION

L'UO comprend :

- le développement du modèle selon les standards de code et d'architecture définis ;

- l'entraînement du modèle avec pistage complet des expériences et versioning ;
- l'optimisation des hyperparamètres via des méthodes automatisées (grid search, recherche aléatoire, optimisation bayésienne) ;
- la validation du modèle incluant les tests de robustesse, d'équité et d'explicabilité.

Le développement comprend :

Architecture et implémentation :

- Design patterns ML : architecture modulaire, séparation des responsabilités ;
- Qualité du code : tests unitaires, documentation, standards de codage ;
- Reproductibilité : gestion des seeds, environnements reproductibles ;
- Scalabilité : optimisation pour les volumes de données et contraintes de performance.

Stratégies d'entraînement avancées :

- μ Apprentissage : utilisation de modèles pré-entraînés quand applicable ;
- Fine-tuning : adaptation de modèles existants au cas d'usage spécifique ;
- Ensemble methods : combinaison de modèles pour améliorer les performances ;
- Techniques de régularisation : dropout, batch normalization, arrêt du processus d'apprentissage ;
- Gestion des déséquilibres : techniques de rééchantillonnage, pondération des classes.

MLOps et tracking :

- Versioning des modèles : suivi des versions, métadonnées, lignage ;
- Pistage des expériences : métriques, hyperparamètres, artefacts ;
- Monitoring de l'entraînement : courbes d'apprentissage, détection du surapprentissage ;
- Gestion des artefacts : modèles, jeux de données, configurations.

Optimisation des hyperparamètres :

- Méthodes automatisées : grid search, recherche aléatoire, optimisation bayésienne ;
- Validation croisée : k-fold, stratified, time series split selon le contexte ;
- Métriques d'optimisation : adaptées au problème et aux contraintes métier ;
- Budget computationnel : optimisation sous contraintes de temps et ressources.

Validation complète :

- Performance : métriques standards et métier, validation croisée ;
- Robustesse : tests sur données perturbées, exemples contradictoires ;
- Équité : tests de biais, parité démographique, égalité des chances ;
- Explicabilité : génération d'explications, tests de cohérence ;
- Stabilité : reproductibilité des résultats, sensibilité aux hyperparamètres.

L'UO comprend également :

- un rapport de synthèse décrivant cette démarche et les performances du modèle ainsi qu'un atelier de restitution de ce rapport ;
- un tableau de bord de monitoring de l'entraînement avec métriques en temps réel ;
- une documentation technique complète du modèle et de son entraînement ;
- un transfert de compétence du titulaire vers un groupe maximal de cinq (5) personnes appartenant aux services du bénéficiaire. Ce transfert peut s'étendre sur une journée complète pour couvrir les aspects avancés d'entraînement et de MLOps. Il est réalisé dans les locaux du bénéficiaire sur du matériel du bénéficiaire et sur la base de la solution développée par le titulaire au titre de l'UO. À l'issue du transfert de compétence, le(s) représentant(s) du bénéficiaire est (sont) autonome(s) quant à la maîtrise du contenu de l'UO. À l'issue de ce transfert de compétence, le titulaire remet à chaque participant un mémento reprenant les points essentiels (connaissances et méthodes) traités à l'occasion du transfert.

PROFIL(S) PRESSENTI(S)

- Datascientist Senior spécialisé en développement de modèles IA
- Ingénieur Machine Learning / MLOps Engineer
- Expert en Deep Learning (pour les modèles complexes)

- Spécialiste en optimisation et performance

COMPLEXITÉ DE L'UO

Complexité	Simple	Moyen	Complexe
Type de modèle	Modèles classiques (régression, arbres)	Modèles avancés (ensemble, réseaux de neurones simples)	Deep learning, transformers, modèles multi-modaux
Volume de données d'entraînement	< 1 Go	1 Go à 100 Go	> 100 Go
Temps d'entraînement estimé	< 1 heure	1 heure à 1 jour	> 1 jour
Nombre d'hyperparamètres à optimiser	< 5 paramètres	5 à 15 paramètres	> 15 paramètres
Contraintes de performance	Standards	Contraintes modérées (temps réel)	Contraintes fortes (haute performance, faible latence)
Exigences de validation	Validation standard	Validation avancée (robustesse)	Validation experte (équité, explicabilité)
Infrastructure requise	CPU standard	GPU simple ou cluster CPU	GPU multiples ou infrastructure distribuée

DÉLAIS D'EXÉCUTION DES PRESTATIONS

Complexité	Simple	Moyen	Complexe
Délai applicable	7 jours	15 jours	25 jours

LIVRABLE(S) ET DÉLAIS ASSOCIÉS

Livable(s)	Délai maximal de remise à partir du premier jour d'exécution de la prestation		
	Simple	Moyen	Complexe
Code source du modèle avec tests unitaires	10 jours	18 jours	30 jours

Livrable(s)	Délai maximal de remise à partir du premier jour d'exécution de la prestation		
	Simple	Moyen	Complexe
Pipeline d'entraînement automatisé	12 jours	20 jours	35 jours
Modèle entraîné et optimisé déployé en environnement de développement	18 jours	35 jours	55 jours
Rapport d'optimisation des hyperparamètres	15 jours	25 jours	40 jours
Tableaux de bord de monitoring et métriques d'entraînement	16 jours	28 jours	45 jours
Rapport de validation complète (performance, robustesse, équité)	17 jours	30 jours	50 jours
Documentation technique du modèle	15 jours	25 jours	40 jours
Rapport de synthèse (accompagné de sa présentation en atelier de restitution)	18 jours	35 jours	55 jours
Artefacts versionnés (modèle, datasets, configurations)	16 jours	28 jours	45 jours
Support de l'atelier de restitution	20 jours	37 jours	57 jours
Mémento du transfert de compétence	20 jours	37 jours	57 jours
Fiche d'identification du modèle (v1.0)	12 jours	20 jours	35 jours

Contenu de la fiche :

- Identification :
 - Nom et version du modèle
 - Date de création et auteurs
 - Objectif métier et cas d'usage
 - Type de modèle (algorithme utilisé)
- Données d'entraînement :

- Sources de données utilisées (avec références au lineage)
- Volume et période des données
- Variables utilisées et leur signification
- Prétraitement appliqué
- Architecture et paramètres :
 - Architecture détaillée du modèle
 - Hyperparamètres optimaux
 - Framework et bibliothèques utilisées
 - Environnement d'entraînement
- Performances initiales :
 - Métriques d'entraînement (accuracy, F1, AUC, etc.)
 - Métriques de validation croisée
 - Temps d'entraînement
- Versioning :
 - Version du code
 - Version des données d'entraînement
 - Hash du modèle
 - Référentiel de versions (Git, MLflow, etc.)

IV.3.3 UO 2.3.3 - ÉVALUATION ET VALIDATION DU MODÈLE

OBJET

L'objet de cette UO est d'évaluer et de valider le modèle d'intelligence artificielle développé et entraîné à l'issue de l'UO 2.3.2. Cette évaluation comprend une validation complète des performances, de la robustesse, de l'équité, de l'explicabilité et de la conformité aux exigences métier et réglementaires. L'UO vise à certifier que le modèle est prêt pour un déploiement en production selon les standards d'IA responsable.

CONTENU ET MODALITÉS D'EXÉCUTION

L'UO comprend :

- l'évaluation du modèle selon des métriques multidimensionnelles adaptées au problème ;
- la validation du modèle incluant les tests de robustesse, d'équité et d'explicabilité ;
- l'analyse des résultats avec recommandations d'amélioration et certification de conformité.

L'évaluation complète comprend :

Évaluation des performances :

- Métriques de base : précision, rappel, F1-score, AUC-ROC selon le type de problème ;
- Métriques métier : métriques spécifiques aux objectifs métiers et contraintes opérationnelles ;
- Analyse des erreurs : confusion matrix, analyse des faux positifs/négatifs, patterns d'erreur ;
- Validation croisée : k-fold, stratifié, temporel selon la nature des données ;
- Benchmarking : comparaison avec l'état de l'art et modèles de référence.

Tests de robustesse :

- Stabilité : reproductibilité des résultats, sensibilité aux hyperparamètres ;
- Résistance au bruit : performance sur données perturbées, valeurs aberrantes ;
- Tests contradictoires : résistance aux attaques adverses, exemples contradictoires ;
- Généralisation : performance sur données hors distribution, domain shift ;
- Tests de montée en charge : comportement sous charge, volumes importants.

Évaluation de l'équité et des biais :

- Détection des biais : analyse des performances par sous-groupes démographiques ;
- Métriques d'équité : parité démographique, égalité des chances, calibration ;
- Tests d'intersectionnalité : analyse des biais croisés (âge x genre, etc.) ;
- Impact différentiel : évaluation de l'impact sur les groupes protégés ;
- Recommandations de débiaisage : techniques de mitigation des biais identifiés.

Évaluation de l'explicabilité :

- Explicabilité globale : compréhension du comportement général du modèle ;
- Explicabilité locale : explication des décisions individuelles (SHAP, LIME) ;
- Cohérence des explications : stabilité et fiabilité des explications ;
- Compréhensibilité : adaptation des explications aux utilisateurs finaux ;

- Auditabilité : traçabilité des décisions pour les contrôles réglementaires.

Validation opérationnelle :

- Performance en temps réel : latence, débit, consommation de ressources ;
- Scalabilité : comportement sous montée en charge ;
- Intégration : compatibilité avec l'infrastructure existante ;
- Monitoring : métriques de surveillance en production ;
- Maintenance : facilité de mise à jour et de recalibrage.

Conformité réglementaire :

- RGPD : respect du droit à l'explication, minimisation des données ;
- Sectoriels : conformité aux réglementations spécifiques (finance, santé, etc.) ;
- Standards IA : respect des normes ISO/IEC, IEEE pour l'IA ;
- Éthique : alignement avec les principes d'IA responsable.

L'UO comprend également :

- un rapport de synthèse décrivant cette démarche et les performances du modèle ainsi qu'un atelier de restitution de ce rapport ;
- un certificat de validation avec recommandations pour la production ;
- un plan de monitoring et de maintenance du modèle ;
- un transfert de compétence du titulaire vers un groupe maximal de cinq (5) personnes appartenant aux services du bénéficiaire. Ce transfert peut s'étendre sur une journée complète pour couvrir les aspects avancés d'évaluation et de validation IA. Il est réalisé dans les locaux du bénéficiaire sur du matériel du bénéficiaire et sur la base de la solution développée par le titulaire au titre de l'UO. À l'issue du transfert de compétence, le(s) représentant(s) du bénéficiaire est (sont) autonome(s) quant à la maîtrise du contenu de l'UO. À l'issue de ce transfert de compétence, le titulaire remet à chaque participant un mémento reprenant les points essentiels (connaissances et méthodes) traités à l'occasion du transfert.

PROFIL(S) PRESSENTI(S)

- Datascientist Senior spécialisé en validation de modèles IA
- Expert en évaluation et métriques IA

- Spécialiste en IA explicable et éthique
- Expert en tests de robustesse et sécurité IA
- Consultant en conformité réglementaire IA

COMPLEXITÉ DE L'UO

Complexité	Simple	Moyen	Complexe
Type de modèle à évaluer	Modèles classiques (régression, arbres)	Modèles avancés (ensemble, réseaux de neurones)	Deep learning, transformers, modèles multi-modaux
Nombre de métriques d'évaluation	< 5 métriques	5 à 15 métriques	> 15 métriques
Exigences d'explicabilité	Aucune exigence	Explicabilité modérée	Explicabilité forte (secteur réglementé)
Tests de robustesse requis	Tests standard	Tests avancés (bruit, contradictoires)	Tests experts (sécurité, stress)
Évaluation des biais	Aucune	Analyse standard	Analyse approfondie (intersectionnalité)
Contraintes réglementaires	Aucune	Conformité modérée	Conformité stricte (finance, santé)
Volume de données de test	< 1 Go	1 Go à 10 Go	> 10 Go

DÉLAIS D'EXÉCUTION DES PRESTATIONS

Complexité	Simple	Moyen	Complexe
Délai applicable	5 jours	10 jours	20 jours

LIVRABLE(S) ET DÉLAIS ASSOCIÉS

Livraison(s)	Délai maximal de remise à partir du premier jour d'exécution de la prestation		
	Simple	Moyen	Complexe
Rapport d'évaluation des	8 jours	15 jours	25 jours

Livvable(s)	Délai maximal de remise à partir du premier jour d'exécution de la prestation		
	Simple	Moyen	Complexe
performances			
Rapport de tests de robustesse	10 jours	18 jours	30 jours
Rapport d'évaluation des biais et de l'équité	12 jours	20 jours	35 jours
Rapport d'explicabilité du modèle	10 jours	18 jours	30 jours
Évaluation de conformité réglementaire	8 jours	15 jours	25 jours
Rapport d'évaluation et de validation du modèle (accompagné de sa présentation en atelier de restitution)	15 jours	25 jours	40 jours
Certificat de validation et recommandations	12 jours	20 jours	35 jours
Plan de monitoring et de maintenance	10 jours	18 jours	30 jours
Tableaux de bord de métriques de validation	12 jours	20 jours	35 jours
Fiche de modèle mise à jour (v2.0)	15 jours	25 jours	40 jours

Sections à ajouter à la fiche de modèle :

- **Performances de validation :**
 - Métriques de test complètes
 - Matrices de confusion détaillées
 - Courbes ROC/Precision-Recall
 - Analyse des erreurs par type
- **Robustesse :**
 - Résultats des tests adversariaux
 - Performance sur données perturbées
 - Tests de généralisation (hors distribution)
 - Sensibilité aux hyperparamètres
- **Équité et biais :**
 - Métriques d'équité par groupe démographique
 - Analyse des biais détectés
 - Tests d'intersectionnalité

- Mesures de mitigation appliquées
- **Explicabilité :**
 - Méthodes d'explicabilité utilisées (SHAP, LIME, etc.)
 - Features les plus importantes
 - Exemples d'explications (cas typiques)
 - Niveau de compréhensibilité pour les utilisateurs finaux
- **Conformité réglementaire :**
 - Conformité RGPD (droit à l'explication)
 - Standards respectés (ISO, IEEE)
 - Audit de conformité sectorielle

IV.3.4 UO 2.3.4 - OPTIMISATION ET FINALISATION DU PROTOTYPE

OBJET

L'objet de cette UO est d'optimiser et de finaliser le prototype d'intelligence artificielle développé, entraîné et validé à l'issue des UO 2.3.1, 2.3.2 et 2.3.3. Cette finalisation comprend l'optimisation des performances, la préparation pour le déploiement en production, la documentation complète et la validation finale du prototype selon les standards industriels et les bonnes pratiques MLOps.

CONTENU ET MODALITÉS D'EXÉCUTION

L'UO comprend :

- l'optimisation du modèle selon les contraintes de performance et de ressources ;
- la finalisation du prototype avec préparation pour la production ;
- la documentation du prototype selon les standards industriels.

L'optimisation complète comprend :

Optimisation des performances :

- Optimisation algorithmique : amélioration des hyperparamètres, architecture du modèle ;
- Optimisation computationnelle : quantization, pruning, knowledge distillation ;

- Optimisation mémoire : réduction de l'empreinte mémoire, optimisation des structures de données ;
- Optimisation de l'inférence : accélération des prédictions, optimisation des pipelines ;
- Parallélisation : optimisation pour l'exécution multi-thread/multi-GPU.

Techniques d'optimisation avancées :

- Model compression : réduction de la taille du modèle sans perte significative de performance ;
- Quantization : conversion en précision réduite (FP16, INT8) ;
- Pruning : suppression des connexions/neurones non essentiels ;
- Knowledge distillation : transfert de connaissances vers un modèle plus compact ;
- Neural Architecture Search (NAS) : optimisation automatique de l'architecture ;

Préparation pour la production :

- Containerisation : création d'images optimisées ;
- API REST/GraphQL : développement d'interfaces standardisées ;
- Monitoring et logging : instrumentation pour la surveillance en production ;
- Configuration management : gestion des configurations d'environnement ;
- Health checks : mécanismes de vérification de l'état du service.

Tests de performance et de charge :

- Benchmarking : mesure des performances (latence, débit, ressources) ;
- Tests de charge : tests sous charge normale et pic ;
- Tests aux limites : tests aux limites de capacité ;
- Tests de montée en charge : évaluation de la montée en charge ;
- Memory profiling : analyse de l'utilisation mémoire.

Sécurisation du prototype :

- Input validation : validation et sanitisation des entrées ;

- Authentication/Authorization : mécanismes d'authentification et d'autorisation ;
- Gestion de quota : protection contre les abus ;
- Audit logging : traçabilité des accès et opérations ;
- Evaluation des vulnérabilités : évaluation des vulnérabilités.

Documentation technique complète :

- Documentation d'architecture : diagrammes, composants, flux de données ;
- Documentation API : spécifications OpenAPI/Swagger ;
- Guide de déploiement : instructions de déploiement et configuration ;
- Manuel utilisateur : guide d'utilisation pour les utilisateurs finaux ;
- Guide de maintenance : procédures de maintenance et résolution de problèmes.

L'UO comprend également :

- un rapport de synthèse décrivant cette démarche et les performances du modèle ainsi qu'un atelier de restitution de ce rapport ;
- un plan de déploiement en production avec recommandations ;
- un kit de déploiement complet (containers, configurations, scripts) ;
- un transfert de compétence du titulaire vers un groupe maximal de cinq (5) personnes appartenant aux services du bénéficiaire. Ce transfert peut s'étendre sur une journée complète pour couvrir les aspects d'optimisation et de déploiement. Il est réalisé dans les locaux du bénéficiaire sur du matériel du bénéficiaire et sur la base de la solution développée par le titulaire au titre de l'UO. À l'issue du transfert de compétence, le(s) représentant(s) du bénéficiaire est (sont) autonome(s) quant à la maîtrise du contenu de l'UO. À l'issue de ce transfert de compétence, le titulaire remet à chaque participant un mémento reprenant les points essentiels (connaissances et méthodes) traités à l'occasion du transfert.

PROFIL(S) PRESSENTI(S)

- Datascientist Senior spécialisé en optimisation de modèles
- Ingénieur MLOps / DevOps spécialisé IA
- Architecte logiciel / Expert en performance

- Ingénieur sécurité (pour les aspects sécurité)

COMPLEXITÉ DE L'UO

Complexité	Simple	Moyen	Complexe
Type d'optimisation requise	Optimisation basique (hyperparamètres)	Optimisation avancée (compression, quantization)	Optimisation experte (NAS, distillation, architecture custom)
Contraintes de performance	Standards (latence < 1s)	Modérées (latence < 100ms)	Strictes (latence < 10ms, haute disponibilité)
Complexité du déploiement	Environnement simple	Multi-environnements	Infrastructure distribuée, cloud-native
Exigences de sécurité	Basiques	Modérées (authentification)	Strictes (chiffrement, audit complet)
Volume de trafic attendu	< 100 req/min	100 à 10k req/min	> 10k req/min
Exigences de documentation	Standard	Avancée (API, guides)	Complète (architecture, sécurité, conformité)
Intégrations système	Aucune ou simple	Modérées (2-3 systèmes)	Complexes (écosystème complet)

DÉLAIS D'EXÉCUTION DES PRESTATIONS

Complexité	Simple	Moyen	Complexe
Délai applicable	7 jours	15 jours	25 jours

LIVRABLE(S) ET DÉLAIS ASSOCIÉS

Livvable(s)	Délai maximal de remise à partir du premier jour d'exécution de la prestation		
	Simple	Moyen	Complexe
Modèle optimisé avec métriques de performance	10 jours	18 jours	30 jours
Containers et images de déploiement	12 jours	20 jours	35 jours
API REST/GraphQL documentée	10 jours	18 jours	30 jours
Prototype finalisé et optimisé déployé en environnement de développement	15 jours	25 jours	40 jours
Rapport de tests de performance et de charge	12 jours	20 jours	35 jours
Plan de déploiement en production	10 jours	18 jours	30 jours
Kit de déploiement complet (scripts, configurations)	12 jours	20 jours	35 jours
Documentation d'architecture et technique	13 jours	22 jours	37 jours
Documentation du prototype	15 jours	25 jours	40 jours
Guide d'utilisation et de maintenance	12 jours	20 jours	35 jours
Rapport d'évaluation de sécurité	10 jours	18 jours	30 jours
Rapport de synthèse (accompagné de sa présentation en atelier de restitution)	15 jours	25 jours	40 jours
Support de l'atelier de restitution	17 jours	27 jours	42 jours
Mémento du transfert de compétence	17 jours	27 jours	42 jours
Fiche de modèle finale (v3.0)	15 jours	25 jours	40 jours

Sections supplémentaires à ajouter à la fiche du modèle :

- **Optimisations appliquées :**
 - Techniques d'optimisation (quantization, pruning, etc.)
 - Impact sur les performances
 - Impact sur la taille du modèle
 - Trade-offs performance/ressources
- **Métriques de production :**
 - Latence d'inférence (p50, p95, p99)
 - Débit (requêtes/seconde)
 - Consommation de ressources (CPU, GPU, mémoire)
 - Scalabilité estimée
- **Conditions de déploiement :**
 - Environnement cible
 - Dépendances et versions
 - Configuration recommandée
 - Procédures de déploiement
- **Plan de monitoring :**
 - Métriques à surveiller en production
 - Seuils d'alerte
 - Fréquence de réévaluation
 - Procédure de rollback

IV.4 PRESTATION L2-4 : MISE EN PRODUCTION ET INDUSTRIALISATION IA

Cette prestation porte sur la définition et l'adaptation d'une architecture d'un projet de datascience en prenant en compte tous les contours fonctionnels et applicatifs définis par l'administration.

IV.4.1 UO 2.4.1 - CARTOGRAPHIE DES COMPOSANTS IA DANS LE SI

OBJET

L'objet de cette UO est de réaliser une cartographie exhaustive des composants d'intelligence artificielle intégrés ou à intégrer dans le système d'information du bénéficiaire. Cette cartographie vise à identifier, documenter et analyser l'ensemble des éléments techniques, fonctionnels et organisationnels liés aux solutions IA, en vue d'optimiser leur intégration, leur gouvernance et leur évolution dans l'écosystème informatique existant.

Cette cartographie constitue un prérequis essentiel pour l'industrialisation et la mise en production des solutions IA, en fournissant une vision globale et structurée de l'architecture IA cible et des interdépendances avec les systèmes existants.

CONTENU ET MODALITÉS D'EXÉCUTION

Inventaire et analyse des composants IA :

- **Identification des modèles IA** : Recensement de tous les modèles développés, en cours de développement ou planifiés ;
- **Cartographie des données** : Sources, flux, transformations, stockage et gouvernance des données IA ;
- **Infrastructure technique** : Serveurs, GPU, plateformes cloud, conteneurs, orchestrateurs ;
- **Outils et frameworks** : Bibliothèques ML, plateformes MLOps, outils de développement et déploiement ;
- **APIs et interfaces** : Points d'intégration, protocoles de communication, formats d'échange.

Architecture et intégrations :

- **Analyse des dépendances** : Identification des interdépendances entre composants IA et systèmes existants ;
- **Patterns d'intégration** : Modes de connexion, protocoles, sécurité, performance ;
- **Flux de données** : Pipelines d'ingestion, transformation, distribution et archivage ;
- **Gouvernance technique** : Versioning, déploiement, monitoring, maintenance.

Analyse de maturité et recommandations :

- **Évaluation de la maturité MLOps** : Niveau d'automatisation, industrialisation, gouvernance ;

- **Identification des gaps** : Écarts par rapport aux bonnes pratiques et standards du marché ;
- **Recommandations d'évolution** : Feuille de route technique, priorisation, estimation des efforts ;
- **Stratégie d'industrialisation** : Approche progressive, phases de déploiement, gestion des risques.

Sécurité et conformité :

- **Analyse des risques** : Identification des vulnérabilités et menaces spécifiques à l'IA ;
- **Conformité réglementaire** : RGPD, standards sectoriels, exigences de sécurité ;
- **Gouvernance des accès** : Contrôles d'accès, authentification, autorisation ;
- **Audit et traçabilité** : Logs, métriques, compliance reporting.

PROFIL(S) PRESSENTI(S)

- Architecte IA / MLOps Senior
- Consultant en transformation digitale IA
- Expert en cartographie des systèmes d'information
- Architecte Data spécialisé en écosystèmes IA
- Consultant en gouvernance IA

COMPLEXITÉ DE L'UO

Complexité	Simple	Moyen	Complexe
Nombre de composants IA	< 10 composants	10 à 30 composants	> 30 composants
Nombre de systèmes intégrés	< 5 systèmes	5 à 15 systèmes	> 15 systèmes
Maturité MLOps actuelle	Niveau débutant	Niveau intermédiaire	Niveau avancé
Complexité de l'architecture	Architecture simple	Architecture distribuée	Architecture multi-cloud/hybride

Complexité	Simple	Moyen	Complexe
Nombre d'environnements	1 à 2 environnements	3 à 4 environnements	> 4 environnements
Exigences de conformité	Aucune exigence	Conformité modérée	Conformité stricte (finance, santé)
Volume de données	< 1 To	1 To à 100 To	> 100 To

DÉLAIS D'EXÉCUTION DES PRESTATIONS

Complexité	Simple	Moyen	Complexe
Délai maximal entre notification et début	3 jours	5 jours	7 jours
Durée maximale de réalisation	15 jours	25 jours	40 jours

LIVRABLE(S) ET DÉLAIS ASSOCIÉS

Livrible(s)	Délai maximal de remise à partir du premier jour d'exécution de la prestation		
	Simple	Moyen	Complexe
Inventaire exhaustif des composants IA	5 jours	8 jours	12 jours
Cartographie technique détaillée	8 jours	15 jours	25 jours
Analyse de maturité MLOps	5 jours	8 jours	12 jours
Matrice des dépendances et intégrations	5 jours	8 jours	12 jours
Analyse des risques et conformité	5 jours	8 jours	12 jours
Recommandations et feuille de route d'évolution	8 jours	15 jours	25 jours
Rapport de synthèse exécutif	3 jours	5 jours	8 jours

IV.4.2 UO 2.4.2 - ATELIERS D'ARCHITECTURE MLOPS ET DATAOPS

OBJET

L'objet de cette UO est d'organiser et d'animer des ateliers d'architecture MLOps (Machine Learning Operations) et DataOps. Ces ateliers visent à définir les processus, les outils et l'architecture technique nécessaires pour industrialiser le déploiement, la supervision, la gestion des versions et la maintenance continue des modèles d'intelligence artificielle et des pipelines de données. Les ateliers intègrent les aspects de gouvernance, sécurité, conformité et performance pour concevoir une architecture MLOps/DataOps complète et moderne.

Ces ateliers sont collaboratifs et visent à concevoir des architectures robustes et automatisées pour le cycle de vie de l'IA.

CONTENU ET MODALITÉS D'EXÉCUTION

Les ateliers suivent une méthodologie structurée couvrant tous les aspects de l'architecture MLOps/DataOps:

Analyse de l'existant et diagnostic :

- **Évaluation des pratiques actuelles** : développement, déploiement, monitoring des modèles ;
- **Audit de l'infrastructure** : outils, plateformes, processus existants ;
- **Identification des gaps** : écarts par rapport aux bonnes pratiques MLOps ;
- **Analyse des besoins** : exigences métier, techniques, et de conformité.

Définition des principes MLOps / DataOps :

- **Automatisation** : CI/CD pour ML, déploiement automatisé, tests automatisés ;
- **Reproductibilité** : versioning des modèles, données, et environnements ;
- **Supervision et monitoring** : métriques de performance, dérive de données, alerting ;
- **Gouvernance** : validation des modèles, audit trails, compliance ;
- **Collaboration** : workflows collaboratifs, partage de connaissances.

Conception de l'architecture cible :

- **Plateformes MLOps** : sélection et configuration des plateformes (MLflow, Kubeflow, etc.) ;
- **Outils CI/CD pour ML** : pipelines d'entraînement, validation, déploiement ;
- **Registres de modèles** : gestion des versions, métadonnées, lignage ;

- **Feature stores** : gestion centralisée des features, réutilisabilité ;
- **Outils de monitoring** : surveillance des performances, drift, infrastructure ;
- **Infrastructure** : conteneurisation, orchestration, scalabilité.

Architecture de traçabilité de bout en bout :

- Conception du système de lineage : Architecture pour tracer les données de la source jusqu'aux prédictions du modèle
- Outils de lineage : Sélection des solutions (Apache Atlas, Marquez, Amundsen, OpenLineage, etc.)
- Intégration du lineage : Intégration avec les pipelines de données et ML
- Gouvernance du lineage : Processus de validation et mise à jour du lineage

Définition des processus et workflows :

- **Cycle de vie des modèles** : développement, validation, déploiement, maintenance ;
- **Déploiement continu** : stratégies blue/green, canary, A/B testing ;
- **Gestion des versions** : modèles, données, code, configurations ;
- **Rollback et recovery** : procédures de retour en arrière, reprise après sinistre ;
- **Supervision en production** : monitoring, alerting, réponse à incident.

Gouvernance et sécurité :

- **Contrôles d'accès** : RBAC pour les modèles et données ;
- **Audit et traçabilité** : logs, traçage de données, compliance reporting ;
- **Validation des modèles** : processus d'approbation, tests de conformité ;
- **Sécurité** : chiffrement, authentification, protection des modèles.

Identification des outils et technologies :

- **Sélection des solutions** : logicielles et cloud, adaptées aux besoins ;
- **Architecture technique** : intégration, interopérabilité, performance ;
- **Plan d'implémentation** : phases, priorités, dépendances ;
- **Estimation des coûts** : TCO, ROI, modèle économique.

Modèle d'exécution :

- **Ateliers interactifs** : Sessions de travail impliquant des architectes, Data Scientists, ingénieurs DevOps/MLOps, et équipes opérationnelles ;

- **Co-construction** : Les solutions architecturales sont définies conjointement avec les équipes du bénéficiaire ;
- **Design thinking** : Approche centrée utilisateur pour l'architecture ;
- **Prototypage rapide** : Validation des concepts par des POC ;
- **Benchmarking** : Comparaison avec les meilleures pratiques du marché.

PROFIL(S) PRESSENTI(S)

- Architecte MLOps / DevOps spécialisé IA
- Architecte Data spécialisé en DataOps
- Expert en plateformes MLOps (MLflow, Kubeflow, etc.)
- Ingénieur sécurité spécialisé IA/ML
- Consultant en gouvernance des modèles IA

COMPLEXITÉ DE L'UO

Complexité	Simple	Moyen	Complexe
Maturité MLOps actuelle	Niveau débutant	Niveau intermédiaire	Niveau avancé
Nombre de modèles en production	< 5 modèles	5 à 20 modèles	> 20 modèles
Complexité de l'infrastructure	Infrastructure simple	Infrastructure distribuée	Infrastructure multi-cloud/edge
Exigences de conformité	Aucune exigence	Conformité modérée	Conformité stricte
Nombre d'ateliers	De 1 à 3	De 4 à 6	De 7 à 10
Nombre d'équipes impliquées	1 à 2 équipes	3 à 5 équipes	> 5 équipes
Intégrations système	Intégrations simples	Intégrations modérées	Intégrations complexes

DÉLAIS D'EXÉCUTION DES PRESTATIONS

Complexité	Simple	Moyen	Complexe
Délai maximal entre notification et début	3 jours	5 jours	7 jours
Durée maximale de réalisation	10 jours	20 jours	35 jours

LIVRABLE(S) ET DÉLAIS ASSOCIÉS

Livraison(s)	Délai maximal de remise à partir de la tenue de chaque atelier		
	Simple	Moyen	Complexe
Diagnostic de l'existant et analyse des gaps	2 jours	4 jours	6 jours
Architecture cible MLOps/DataOps détaillée	3 jours	5 jours	8 jours
Cartographie des processus et workflows	2 jours	4 jours	6 jours
Matrice de sélection des outils et technologies	2 jours	3 jours	5 jours
Présentation au format ppt et word de l'architecture du bénéficiaire	3 jours	5 jours	8 jours
Plan de gouvernance et sécurité MLOps	2 jours	4 jours	6 jours
Plan d'implémentation avec estimation des coûts	3 jours	5 jours	8 jours
Spécifications techniques des composants MLOps	3 jours	6 jours	10 jours
CR d'atelier (incluant le suivi des actions et des décisions)	1 jour	3 jours	5 jours
Guide de bonnes pratiques MLOps/DataOps	2 jours	4 jours	7 jours
Architecture du système de traçabilité des données et modèles	3 jours	5 jours	8 jours
Spécifications techniques de l'outil de lineage	2 jours	4 jours	6 jours

IV.4.3 UO 2.4.3 - DOSSIER D'ARCHITECTURE IA

OBJET

Selon le besoin du bénéficiaire, le titulaire rédige ou met à jour le dossier d'architecture générale (DAG) spécialisé pour les projets d'intelligence artificielle, en conformité avec les normes et préconisations existantes du bénéficiaire. Ce dossier doit fournir une vue globale de l'architecture technique, applicative et fonctionnelle du projet incluant les spécificités IA, MLOps, gouvernance, sécurité et conformité.

L'UO comprend également un transfert de compétence étendu pour couvrir les aspects spécifiques à l'architecture IA.

CONTENU ET MODALITÉS D'EXÉCUTION

Le DAG est rédigé ou mis à jour en conformité avec les exigences techniques et fonctionnelles du bénéficiaire. Le contenu est spécialement adapté aux projets IA et comprend :

Architecture générale et environnements :

- **Schémas d'architecture générale** : environnements de travail (développement, test, pré-production, production) ;
- **Architecture multi-environnements** : séparation des environnements d'entraînement et d'inférence ;
- **Topologie réseau** : connectivité, sécurité, performance.

Architecture fonctionnelle IA (DAF) :

- **Blocs fonctionnels IA** : collecte de données, préparation, entraînement, inférence, monitoring ;
- **Flux de données** : pipelines de données, transformations, lignage ;
- **Processus MLOps** : développement, validation, déploiement, maintenance des modèles ;
- **Gouvernance des modèles** : validation, approbation, audit, versioning.

Architecture technique IA (DAT) :

- **Infrastructure de calcul** : CPU, GPU, TPU, clusters, cloud computing ;
- **Plateformes MLOps** : registres de modèles, pipelines CI/CD, monitoring ;
- **Stockage spécialisé** : data lakes, feature stores, bases vectorielles ;
- **Conteneurisation** : Docker, Postman, Kubernetes, orchestration ;
- **APIs et microservices** : endpoints d'inférence, services de prédiction.

Architecture applicative IA (DAA) :

- **Couches applicatives** : présentation, logique métier, données, modèles ;
- **Intégrations** : avec les systèmes existants, APIs externes ;
- **Interfaces utilisateur** : tableaux de bord, applications métier, APIs ;
- **Services transverses** : authentification, autorisation, logging.

Solutions techniques spécialisées IA :

- **Espaces de stockage** : data lakes, entrepôts, caches, feature stores ;
- **Flux de données** : ingestion, transformation, distribution, archivage ;
- **Pipelines ML** : entraînement, validation, déploiement, monitoring ;
- **Scalabilité** : auto-scaling, load balancing, distribution.

Infrastructure et technologies :

- **Solutions matérielles** : serveurs, GPU, stockage, réseau ;
- **Solutions logicielles** : frameworks ML, plateformes cloud, outils MLOps ;
- **Conteneurisation** : stratégies de déploiement, orchestration ;
- **Monitoring** : métriques techniques, performance, santé des modèles.

Sécurité et conformité IA :

- **Sécurité des modèles** : protection contre les attaques adverses ;
- **Chiffrement** : données au repos et en transit ;
- **Contrôles d'accès** : RBAC, authentification, autorisation ;
- **Conformité** : RGPD, standards sectoriels, audit trails ;
- **Privacy by design** : anonymisation, pseudonymisation.

Gouvernance et gestion des risques :

- **Gouvernance des données** : qualité, lignage, catalogage ;
- **Gestion des modèles** : cycle de vie, versioning, rollback ;
- **Gestion des risques** : identification, évaluation, mitigation ;
- **Audit et traçabilité** : logs, métriques, compliance reporting.

Maintenance et exploitation :

- **Gestion d'incidents IA** : dérive de données, dégradation de performance ;
- **Procédures de maintenance** : mise à jour des modèles, recalibrage ;
- **Sauvegarde et archivage** : modèles, données, configurations ;
- **Reprise après sinistre** : plans de continuité, restauration.

Procédures d'installation et déploiement :

- **Déploiement automatisé** : CI/CD, infrastructure as code ;
- **Procédures de rollback** : retour en arrière, gestion des versions ;
- **Tests de déploiement** : validation, smoke tests, monitoring ;
- **Documentation opérationnelle** : runbooks, procédures d'exploitation.

Architecture de traçabilité et lineage :

- **Système de catalogage** : Architecture du data catalog avec métadonnées enrichies
- **Lineage des données** : Flux de traçabilité de la source aux modèles
- **Lineage des modèles** : Traçabilité des versions, entraînements, déploiements
- **Intégration des lineages** : Connexion entre lineage de données et lineage de modèles
- **Outils et technologies** : Solutions techniques pour le lineage (Apache Atlas, etc.)
- **Visualisation** : Interfaces de consultation du lineage
- **API de lineage** : Exposition programmatique du lineage
- **Gouvernance du lineage** : Processus de validation et maintenance

Le transfert de compétence est organisé par le titulaire au bénéfice d'un groupe maximal de cinq (5) personnes appartenant aux services du bénéficiaire. Ce transfert peut s'étendre sur une journée complète pour couvrir les spécificités de l'architecture IA. Il est réalisé dans les locaux du bénéficiaire sur du matériel du bénéficiaire et sur la base de la solution développée par le titulaire au titre de l'UO. À l'issue du transfert de compétence, le(s) représentant(s) du bénéficiaire est (sont) autonome(s) quant à la maîtrise du contenu de l'UO. À l'issue de ce transfert de compétence, le titulaire remet à chaque participant un mémento reprenant les points essentiels (connaissances et méthodes) traités à l'occasion du transfert.

PROFIL(S) PRESSENTI(S)

- Architecte IA / MLOps
- Architecte Data spécialisé en écosystèmes IA

- Expert en sécurité des systèmes IA
- Consultant en gouvernance IA
- Technical writer spécialisé en documentation d'architecture

COMPLEXITÉ DE L'UO

Complexité	Simple	Moyen	Complexe
Nombre de composants IA	< 10 composants	10 à 50 composants	> 50 composants
Nombre d'environnements	1 à 2 environnements	3 à 4 environnements	> 4 environnements
Complexité de l'architecture	Architecture simple	Architecture distribuée	Architecture multi-cloud/hybride
Exigences de conformité	Aucune exigence	Conformité modérée	Conformité stricte
Nombre de modèles en production	< 5 modèles	5 à 20 modèles	> 20 modèles
Intégrations système	Intégrations simples	Intégrations modérées	Intégrations complexes
Volume de données	< 1 To	1 To à 100 To	> 100 To

DÉLAIS D'EXÉCUTION DES PRESTATIONS

Complexité	Simple	Moyen	Complexe
Délai maximal entre notification et début	5 jours	7 jours	10 jours
Durée maximale de réalisation	20 jours	35 jours	60 jours

LIVRABLE(S) ET DÉLAIS ASSOCIÉS

Livraison(s)	Délai maximal de remise à partir du premier jour d'exécution de la prestation		
	Simple	Moyen	Complexe
Document d'Architecture Fonctionnelle IA (DAF)	8 jours	15 jours	25 jours

Livrable(s)	Délai maximal de remise à partir du premier jour d'exécution de la prestation		
Document d'Architecture Technique IA (DAT)	8 jours	15 jours	25 jours
Document d'Architecture Applicative IA (DAA)	6 jours	12 jours	20 jours
Plan de sécurité et conformité IA	5 jours	10 jours	18 jours
Guide de gouvernance des modèles	5 jours	10 jours	18 jours
Dossier d'architecture générale (consolidé)	10 jours	20 jours	35 jours
Diagrammes d'architecture (C4 model, UML)	5 jours	10 jours	18 jours
Matrice de traçabilité des exigences	3 jours	6 jours	12 jours
Guide d'exploitation et de maintenance	5 jours	10 jours	18 jours
Mémento du transfert de compétence	12 jours	22 jours	37 jours
Architecture de traçabilité et lineage des données/modèles	5 jours	10 jours	18 jours
Diagrammes de lineage (architecture cible)	3 jours	6 jours	12 jours

IV.5 PRESTATION L2-5 : MISE EN PRODUCTION ET SUPERVISION PROJET IA

Cette prestation constitue la phase opérationnelle critique de déploiement et de supervision des solutions d'intelligence artificielle en environnement de production. Elle débute par l'industrialisation complète des modèles algorithmiques avec la mise en place d'une architecture MLOps robuste incluant des pipelines automatisés de déploiement, des mécanismes de supervision en temps réel et des processus de gouvernance IA garantissant la traçabilité et la conformité réglementaire.

Cette prestation englobe ensuite la création d'interfaces de restitution sophistiquées avec le développement de tableaux de bord interactifs spécialisés dans la visualisation des résultats IA, l'implémentation de métriques de confiance et d'explicabilité, ainsi que la conception d'APIs sécurisées pour l'exposition des modèles. L'ensemble des interfaces développées respecte scrupuleusement les standards gouvernementaux français avec la mise en conformité au Design System de l'État et l'application rigoureuse du Référentiel Général d'Amélioration de l'Accessibilité pour garantir l'inclusion numérique.

La dimension sécuritaire et réglementaire occupe une place centrale avec l'implémentation de techniques d'anonymisation avancées adaptées aux spécificités de l'intelligence artificielle, incluant la confidentialité différentielle et la protection contre les attaques d'inférence, assurant ainsi la conformité aux exigences RGPD et aux recommandations de la CNIL.

Enfin, la prestation établit un système complet de supervision MLOps avec la détection automatisée des dérives de modèles, le monitoring des performances en continu et la garantie de reproductibilité des résultats, tout en prévoyant les processus de décommissionnement sécurisé des modèles en fin de cycle de vie. Cette approche globale assure la pérennité, la fiabilité et la conformité des solutions IA déployées dans l'écosystème du bénéficiaire.

IV.5.1 UO 2.5.1 - DEPLOIEMENT ET SUPERVISION DE MODELES

OBJET

L'UO a pour objet d'industrialiser et de déployer en production une chaîne de traitement incluant un ou plusieurs modèles algorithmiques, en respectant les standards MLOps modernes et les exigences de sécurité, performance et gouvernance IA.

Cette UO comprend la mise en place d'une infrastructure de production robuste, l'implémentation de mécanismes de supervision avancés (monitoring de dérive, alertes automatiques), et l'établissement de processus de gouvernance IA pour assurer la traçabilité et la conformité.

CONTENU ET MODALITÉS D'EXÉCUTION

Architecture et Infrastructure :

- Conception et déploiement d'une **architecture MLOps complète** (CI/CD ML, registres de modèles, feature stores)

- Mise en place d'**environnements sécurisés** avec chiffrement, contrôle d'accès et audit
- Configuration de l'**auto-scaling et load balancing** pour gérer la charge

Pipeline de Production :

- Développement de **pipelines automatisés** de déploiement avec validation multi-étapes
- Implémentation de **tests automatisés** (performance, sécurité, équité, robustesse)
- Mise en place de **stratégies de déploiement** (blue-green, canary, rolling)

Supervision et Monitoring :

- Déploiement de **tableaux de bord de supervision** en temps réel
- Configuration d'**alertes automatiques** pour dérive, performance, erreurs
- Mise en place du **monitoring de l'équité** et de la détection de biais
- Implémentation de **métriques métier** et techniques

Sécurité et Conformité :

- Application des **standards de sécurité IA** (chiffrement, authentification, autorisation)
- Mise en place de la **traçabilité complète** des prédictions et décisions
- Configuration des **logs d'audit** et de conformité RGPD

Gouvernance et Processus :

- Établissement de **processus d'approbation** pour les déploiements
- Mise en place de **procédures d'incident** et de rollback
- Documentation des **SLA et métriques de performance**

Traçabilité en production :

- Lineage des prédictions : Traçabilité de chaque prédiction jusqu'aux données sources et à la version du modèle
- Audit trail complet : Logs permettant de reconstruire tout le parcours d'une prédiction
- Metadata capture : Capture automatique de toutes les métadonnées (version modèle, données d'entrée, timestamp, etc.)

PROFIL(S) PRESSENTI(S)

- Ingénieur MLOps Senior
- Architecte Cloud/Infrastructure
- Ingénieur Data
- Spécialiste Sécurité IA
- Expert Monitoring/Observabilité

COMPLEXITÉ DE L'UO

Complexité	Simple	Moyen	Complexe
Nombre de modèles	1	2-3	>3
Volume d'inférences/jour	<10K	10K-100K	>100K
Nombre de sources de données	1-2	3-5	>5
SLA de disponibilité	95%	99%	99.9%
Criticité métier	Faible	Moyenne	Élevée
Conformité réglementaire	Standard	RGPD	RGPD + Secteur
Environnements de déploiement	1	2-3	>3

DÉLAIS D'EXÉCUTION DES PRESTATIONS

Complexité	Simple	Moyen	Complexe
Délai maximal entre notification et début	5 jours	7 jours	10 jours
Durée maximale de réalisation	15 jours	30 jours	60 jours

LIVRABLE(S) ET DÉLAIS ASSOCIÉS

Livrible(s)	Délai maximal de remise à partir du premier jour d'exécution de la prestation		
	Simple	Moyen	Complexe
Plan de déploiement détaillé	3 jours	5 jours	7 jours
Architecture MLOps	5 jours	7 jours	10 jours

Livrable(s)	Délai maximal de remise à partir du premier jour d'exécution de la prestation		
documentée			
Tableaux de bord de supervision	7 jours	10 jours	15 jours
Procédures d'incident et rollback	5 jours	7 jours	10 jours
Tests de performance et charge	7 jours	10 jours	15 jours
Documentation sécurité et conformité	5 jours	7 jours	10 jours
CR de suivi d'exécution	5 jours puis hebdomadaire	5 jours puis hebdomadaire	5 jours puis hebdomadaire
Code source et exécutable	À la clôture	À la clôture	À la clôture
Documentation technique complète	2 jours après clôture	3 jours après clôture	5 jours après clôture
Guide d'exploitation et maintenance	3 jours après clôture	5 jours après clôture	7 jours après clôture
Mémento transfert de compétence	5 jours après doc	7 jours après doc	9 jours après doc
Fiche de modèle en production (v4.0)	À la clôture	À la clôture	À la clôture
Registre des versions de modèles	5 jours	7 jours	10 jours
Système de traçabilité des prédictions en production	7 jours	10 jours	15 jours
Dashboard de visualisation du lineage opérationnel	7 jours	10 jours	15 jours

Sections supplémentaires de la fiche :

- **Déploiement en production :**
 - Date et version de déploiement
 - Environnement de production
 - Configuration appliquée
 - Tests de validation post-déploiement
- **Performances réelles :**
 - Métriques en production (premiers jours)
 - Comparaison avec les performances attendues

- Analyses des écarts
- **Supervision active :**
 - Dashboards de monitoring mis en place
 - Alertes configurées
 - Logs et traces activés
- **Gouvernance :**
 - Propriétaire du modèle
 - Processus d'approbation des modifications
 - Fréquence de révision
 - Contact pour escalation

Registre des versions :

- Table de toutes les versions du modèle
- Historique des déploiements
- Raisons des changements de version
- Performances comparatives

IV.5.2 UO 2.5.2 - CRÉATION DE RESTITUTIONS (DATAVISUALISATION)

OBJET

L'objet de cette UO est la conception et développement de restitutions visuelles avancées pour les solutions d'intelligence artificielle, incluant des tableaux de bord interactifs, des visualisations d'explicabilité et des interfaces de monitoring des modèles IA.

Cette UO couvre la création de visualisations spécialisées IA (métriques de confiance, détection de biais, dérive des modèles), le développement d'interfaces utilisateur intuitives et la mise en place de solutions de datavisualisation en temps réel pour le pilotage des systèmes IA.

CONTENU ET MODALITÉS D'EXÉCUTION

Visualisations Spécialisées IA :

- Développement de **tableaux de bord de monitoring IA** (performance, dérive, équité)
- Création de **visualisations d'explicabilité** (SHAP plots, feature importance, arbres de décision)
- Implémentation de **métriques de confiance visuelles** et d'incertitude
- Conception d'**interfaces de comparaison de modèles**

Interactivité et Expérience Utilisateur :

- Développement d'**interfaces interactives** avec filtrage dynamique
- Création de **storytelling data** pour la présentation des analyses IA
- Implémentation de **drill-down** et navigation contextuelle
- Conception **responsive** multi-supports (desktop, mobile, tablette)

Temps Réel et Performance :

- Mise en place de **tableaux de bord temps réel** pour le monitoring continu
- Optimisation des **performances de rendu** pour gros volumes
- Implémentation de **mise à jour automatique** des visualisations
- Configuration d'**alertes visuelles** pour les anomalies

Accessibilité et Conformité :

- Application des **standards RGAA** pour l'accessibilité si applicable
- Respect du **Design System de l'État (DSFR)** si applicable
- Implémentation de **modes d'affichage adaptatifs** (daltonisme, malvoyance)
- Tests de **compatibilité navigateurs**

Sécurité et Gouvernance :

- Mise en place de **contrôles d'accès granulaires** par rôle
- Implémentation de **masquage de données sensibles**
- Configuration d'**audit trails** pour les accès aux visualisations
- Respect des **politiques de confidentialité**

PROFIL(S) PRESENTI(S)

- Data Analyst spécialisé IA
- UX/UI Designer spécialisé IA
- Développeur Front-end
- Consultant Data Senior

- Expert Accessibilité Numérique

COMPLEXITÉ DE L'UO

Complexité	Simple	Moyen	Complexe
Nombre total de restitutions	1-3	4-8	>8
Types de visualisations IA	Standard	Explicabilité	Temps réel + Explicabilité
Interactivité	Statique	Filtres simples	Navigation complexe
Volume de données	<1M lignes	1M-10M lignes	>10M lignes
Temps réel	Non	Rafraîchissement	Streaming
Conformité	Standard	RGAA	RGAA + DSFR
Intégration	Standalone	API simple	Écosystème complexe

DÉLAIS D'EXÉCUTION DES PRESTATIONS

Complexité	Simple	Moyen	Complexe
Délai maximal entre notification et début	3 jours	5 jours	7 jours
Durée maximale de réalisation	10 jours	20 jours	35 jours

LIVRABLE(S) ET DÉLAIS ASSOCIÉS

Livraison(s)	Délai maximal de remise à partir du premier jour d'exécution de la prestation		
	Simple	Moyen	Complexe
Maquettes et prototypes UX	2 jours	3 jours	5 jours
Spécifications techniques détaillées	3 jours	5 jours	7 jours
Composants techniques des restitutions	5 jours	10 jours	20 jours
Tests de performance et optimisation	2 jours	3 jours	5 jours
Tests d'accessibilité (RGAA)	1 jour	2 jours	3 jours
Guide utilisateur interactif	2 jours	3 jours	5 jours

Livrable(s)	Délai maximal de remise à partir du premier jour d'exécution de la prestation		
Documentation fonctionnelle et technique	3 jours	5 jours	10 jours
Formation utilisateurs finaux	1 jour	2 jours	3 jours
Plan de maintenance et évolution	1 jour	2 jours	3 jours

IV.5.3 UO 2.5.3 - CONCEPTION D'INTERFACES DE RESTITUTION (TABLEAUX DE BORD, API)

OBJET

L'UO a pour objet la conception et développement d'interfaces avancées et d'APIs spécialisées pour l'exposition et la consommation des résultats de modèles d'intelligence artificielle. Cette prestation couvre la création de tableaux de bord interactifs, d'APIs REST/GraphQL sécurisées, et d'interfaces temps réel pour le pilotage et l'intégration des solutions IA.

Cette UO inclut la mise en place d'architectures API modernes avec authentification, monitoring, et documentation automatisée, ainsi que le développement d'interfaces utilisateur responsives adaptées aux spécificités de l'IA (explicabilité, confiance, monitoring).

CONTENU ET MODALITÉS D'EXÉCUTION

Conception d'APIs Spécialisées IA :

- Développement d'**APIs d'inférence** avec gestion de la latence et du débit
- Création d'**APIs de monitoring** pour les métriques de modèles
- Implémentation d'**APIs de gestion de modèles** (versioning, déploiement)
- Mise en place d'**APIs de feedback** pour l'amélioration continue

Interfaces Utilisateur Avancées :

- Développement de **tableaux de bord temps réel** avec WebSockets/SSE
- Création d'**interfaces d'explicabilité** interactives
- Implémentation d'**interfaces de comparaison** de modèles

- Conception d'**interfaces mobiles** responsives

Sécurité et Authentification :

- Mise en place d'**authentification OAuth2/JWT**
- Implémentation de **contrôles d'accès granulaires** (RBAC)
- Configuration de **rate limiting** et protection DDoS
- Mise en place de **chiffrement** des communications (TLS)

Performance et Scalabilité :

- Optimisation des **performances** (caching, CDN)
- Implémentation de **load balancing** et auto-scaling
- Configuration de **monitoring** et alerting
- Mise en place de **circuit breakers** et de retry policies

Documentation et Intégration :

- Génération automatique de **documentation OpenAPI/Swagger**
- Création de **SDKs** et exemples d'intégration
- Mise en place de **tests automatisés** (unitaires, intégration, performance)
- Configuration d'**environnements de test** (bac à sable)

PROFIL(S) PRESSENTI(S)

- Architecte API/Microservices
- Développeur Full-Stack Senior
- Expert Sécurité API
- UX/UI Designer
- DevOps/SRE

COMPLEXITÉ DE L'UO

Complexité	Simple	Moyen	Complexe
Nombre d'APIs	1-2	3-5	>5

Complexité	Simple	Moyen	Complexe
Utilisateurs concurrents	<100	100-1K	>1K
Débit requis (req/sec)	<100	100-1K	>1K
Latence requise	>1s	100ms-1s	<100ms
Intégrations externes	1-2	3-5	>5
Sécurité	Basique	OAuth2	OAuth2 + RBAC
Temps réel	Non	Polling	WebSockets/SSE
Conformité	Standard	RGPD	RGPD + Secteur

DÉLAIS D'EXÉCUTION DES PRESTATIONS

Complexité	Simple	Moyen	Complexe
Délai maximal entre notification et début	3 jours	5 jours	7 jours
Durée maximale de réalisation	15 jours	25 jours	45 jours

LIVRABLE(S) ET DÉLAIS ASSOCIÉS

Livraison(s)	Délai maximal de remise à partir du premier jour d'exécution de la prestation		
	Simple	Moyen	Complexe
Spécifications techniques et architecturales	2 jours	3 jours	5 jours
Maquettes et prototypes UX	2 jours	3 jours	5 jours
Documentation OpenAPI/Swagger	3 jours	5 jours	7 jours
Tests automatisés (unitaires, intégration)	3 jours	5 jours	8 jours
Configuration monitoring et alerting	2 jours	3 jours	5 jours
CR de suivi d'exécution	5 jours puis hebdomadaire	5 jours puis hebdomadaire	5 jours puis hebdomadaire

Livrable(s)	Délai maximal de remise à partir du premier jour d'exécution de la prestation		
	À la clôture	À la clôture	À la clôture
Code source et exécutable			
Guide de déploiement et configuration	2 jours après clôture	3 jours après clôture	5 jours après clôture
SDKs et exemples d'intégration	3 jours après clôture	5 jours après clôture	7 jours après clôture
Documentation technique complète	2 jours après clôture	3 jours après clôture	5 jours après clôture
Tests de performance et sécurité	2 jours après clôture	3 jours après clôture	5 jours après clôture
Mémento transfert de compétence	5 jours après doc	7 jours après doc	9 jours après doc

IV.5.4 UO 2.5.4 - CONFORMITÉ DESIGN DE L'ÉTAT (DSFR)

OBJET

Cette prestation consiste à assurer la conformité complète des interfaces et restitutions d'intelligence artificielle au Système de Design de l'État (DSFR), en adaptant les composants spécialisés IA aux standards gouvernementaux français.

L'UO couvre l'implémentation du DSFR pour les tableaux de bord IA, les interfaces d'explicabilité, les visualisations de données et les APIs de restitution, en garantissant l'accessibilité, l'utilisabilité et la cohérence avec l'identité numérique de l'État.

CONTENU ET MODALITÉS D'EXÉCUTION

Analyse et Audit de Conformité :

- **Audit des interfaces existantes** par rapport aux exigences DSFR
- **Identification des écarts** et plan de mise en conformité
- **Analyse des composants IA** nécessitant une adaptation spécifique
- **Évaluation de l'accessibilité** selon les critères DSFR

Implémentation DSFR pour l'IA :

- **Adaptation des composants de datavisualisation** aux standards DSFR
- **Création de composants IA conformes** (métriques, explicabilité, monitoring)
- **Implémentation de la charte graphique** pour les tableaux de bord IA
- **Adaptation des interfaces temps réel** aux guidelines DSFR

Tests et Validation :

- **Tests de conformité DSFR** automatisés et manuels
- **Validation de l'accessibilité** selon les critères gouvernementaux
- **Tests d'utilisabilité** avec les standards de l'État
- **Vérification de la cohérence** visuelle et fonctionnelle

Documentation et Maintenance :

- **Guide d'implémentation DSFR** spécifique aux solutions IA
- **Documentation des composants** adaptés et créés
- **Processus de mise à jour** pour les évolutions du DSFR
- **Formation des équipes** aux standards gouvernementaux

PROFIL(S) PRESENTI(S)

- UX/UI Designer spécialisé DSFR
- Expert Accessibilité Numérique
- Intégrateur Front-end
- Consultant Design System

COMPLEXITÉ DE L'UO

Complexité	Simple	Moyen	Complexe
Nombre d'écrans concernés	1-2	3-5	>5
Nombre de composants concernés	1-10	11-25	>25
Composants IA spécialisés	0-2	3-5	>5
Niveau d'interactivité	Statique	Interactif	Temps réel

Complexité	Simple	Moyen	Complexe
Complexité des données	Simple	Multidimensionnel	Big Data
Intégrations	Standalone	API simple	Écosystème

DÉLAIS D'EXÉCUTION DES PRESTATIONS

Complexité	Simple	Moyen	Complexe
Délai maximal entre notification et début	1 jour	2 jours	3 jours
Durée maximale de réalisation	5 jours	10 jours	20 jours

LIVRABLE(S) ET DÉLAIS ASSOCIÉS

Livrible(s)	Délai maximal de remise à partir du premier jour d'exécution de la prestation		
	Simple	Moyen	Complexe
Audit de conformité DSFR	1 jour	2 jours	3 jours
Plan de mise en conformité	1 jour	2 jours	3 jours
Ensemble des composants respectant le DSFR	3 jours	6 jours	12 jours
Tests de conformité et validation	1 jour	2 jours	3 jours
Guide d'implémentation DSFR-IA	1 jour	2 jours	4 jours
Documentation des composants adaptés	1 jour	2 jours	3 jours
Formation équipes aux standards DSFR	0.5 jour	1 jour	1.5 jour
Processus de maintenance DSFR	0.5 jour	1 jour	1.5 jour

IV.5.5 UO 2.5.5 - CONFORMITÉ RÉFÉRENTIEL GÉNÉRAL D'AMÉLIORATION DE L'ACCESSIBILITÉ (RGAA)

OBJET

Cette prestation consiste à garantir la conformité complète des interfaces et restitutions d'intelligence artificielle au Référentiel Général d'Amélioration de l'Accessibilité (RGAA), en rendant les solutions IA accessibles à tous les utilisateurs, y compris ceux en situation de handicap.

L'UO couvre l'audit, la correction et la validation de l'accessibilité des tableaux de bord IA, visualisations de données, interfaces d'explicabilité et APIs, en respectant les 106 critères du RGAA et en mettant en place des solutions innovantes pour l'accessibilité des contenus IA.

CONTENU ET MODALITÉS D'EXÉCUTION

Audit et Évaluation RGAA :

- **Audit complet des 106 critères RGAA** avec outils automatisés et tests manuels
- **Évaluation spécialisée** des interfaces IA et visualisations de données
- **Tests avec technologies d'assistance** (lecteurs d'écran, navigation clavier)
- **Identification des barrières** spécifiques aux contenus IA

Corrections et Adaptations :

- **Mise en conformité technique** (HTML sémantique, ARIA, contrastes)
- **Adaptation des visualisations** pour l'accessibilité (descriptions alternatives, données tabulaires)
- **Interfaces d'explicabilité accessibles** avec descriptions textuelles des insights IA
- **Navigation clavier complète** pour tous les composants interactifs

Solutions Innovantes pour l'IA :

- **Descriptions audio** des graphiques et métriques complexes
- **Alternatives textuelles** pour les visualisations de données
- **Interfaces simplifiées** pour les utilisateurs avec handicaps cognitifs
- **Alertes accessibles** pour les notifications de dérive de modèles

Tests et Validation :

- **Validation avec technologies d'assistance** (NVDA, JAWS, VoiceOver)

- **Tests de performance** avec contraintes d'accessibilité
- **Audit final** par expert RGAA certifié

Documentation et Formation :

- **Déclaration d'accessibilité** conforme à la réglementation
- **Guide d'utilisation accessible** pour les utilisateurs
- **Formation des équipes** aux bonnes pratiques d'accessibilité
- **Processus de maintenance** de la conformité RGAA

PROFIL(S) PRESSENTI(S)

- Expert Accessibilité Numérique certifié RGAA
- Auditeur RGAA qualifié
- Développeur spécialisé accessibilité
- UX/UI Designer sensibilisé accessibilité
- Consultant en technologies d'assistance

COMPLEXITÉ DE L'UO

Complexité	Simple	Moyen	Complexe
Nombre d'écrans concernés	1-2	3-5	>5
Nombre de composants concernés	1-10	11-25	>25
Taux de conformité RGAA requis	80%	95%	100%
Visualisations de données	0-2	3-5	>5
Interactivité	Statique	Interactif	Temps réel
Technologies d'assistance	1-2	3-4	Toutes
Types de handicaps couverts	Visuel	Visuel + Moteur	Tous types

DÉLAIS D'EXÉCUTION DES PRESTATIONS

Complexité	Simple	Moyen	Complexe
Délai maximal entre notification et début	2 jours	3 jours	5 jours
Durée maximale de réalisation	10 jours	20 jours	35 jours

LIVRABLE(S) ET DÉLAIS ASSOCIÉS

Livrible(s)	Délai maximal de remise à partir du premier jour d'exécution de la prestation		
	Simple	Moyen	Complexe
Audit RGAA complet (106 critères)	3 jours	5 jours	8 jours
Plan de mise en conformité	1 jour	2 jours	3 jours
Ensemble des composants respectant le RGAA	5 jours	10 jours	20 jours
Tests avec technologies d'assistance	2 jours	3 jours	5 jours
Déclaration d'accessibilité	1 jour	1 jour	2 jours
Guide d'utilisation accessible	1 jour	2 jours	3 jours
Rapport de conformité RGAA	1 jour	2 jours	3 jours
Formation équipes accessibilité	1 jour	1 jour	2 jours
Processus de maintenance RGAA	0.5 jour	1 jour	1.5 jour

IV.5.6 UO 2.5.6 - CONFORMITÉ ANONYMISATION

OBJET

Cette prestation consiste à garantir la conformité complète des restitutions et modèles d'intelligence artificielle aux exigences d'anonymisation définies par la CNIL et le RGPD, en mettant en place des techniques d'anonymisation robustes adaptées aux spécificités de l'IA.

L'UO couvre l'analyse des risques de ré-identification, l'implémentation de techniques d'anonymisation avancées (confidentialité différentielle, k-anonymat, l-diversité), et la validation de l'efficacité des mesures d'anonymisation dans le contexte des systèmes d'intelligence artificielle.

Analyse des Risques et Conformité :

- **Analyse d'Impact sur la Protection des Données (AIPD)** spécifique à l'IA
- **Évaluation des risques de ré-identification** par inférence avec les modèles IA
- **Audit de conformité RGPD** et recommandations CNIL
- **Classification de la sensibilité** des données personnelles

Techniques d'Anonymisation Avancées :

- **Implémentation de confidentialité différentielle** pour les modèles d'apprentissage
- **Application de k-anonymat et l-diversité** pour les jeux de données
- **Techniques de suppression et généralisation** adaptées aux données IA
- **Anonymisation syntaxique et sémantique** des données textuelles

Spécificités IA et Machine Learning :

- **Protection contre les attaques d'inférence**
- **Anonymisation des données d'entraînement** et de validation
- **Techniques d'apprentissage fédéré** pour la protection des données
- **Anonymisation des logs et métriques** de modèles

Tests et Validation :

- **Tests de robustesse** contre les tentatives de ré-identification
- **Simulation d'attaques** d'inférence sur les modèles
- **Validation statistique** de l'efficacité de l'anonymisation
- **Tests de qualité** des données anonymisées (utilité vs. confidentialité)

Documentation et Gouvernance :

- **Documentation complète** des processus d'anonymisation
- **Traçabilité** des transformations appliquées
- **Procédures de maintenance** et mise à jour

- **Formation des équipes** aux bonnes pratiques

PROFIL(S) PRESSENTI(S)

- Expert en Protection des Données (DPO)
- Spécialiste Anonymisation/Privacy
- Data Scientist spécialisé Privacy
- Juriste RGPD
- Auditeur Conformité

COMPLEXITÉ DE L'UO

Complexité	Simple	Moyen	Complexe
Nombre d'écrans concernés	1-2	3-5	>5
Nombre de variables à anonymiser	1-5	6-15	>15
Sensibilité des données	Faible	Moyenne	Élevée
Risque de ré-identification	Faible	Moyen	Élevé
Techniques d'anonymisation	Basiques	Intermédiaires	Avancées
Modèles IA concernés	1	2-3	>3
Volume de données	<1M	1M-10M	>10M
Conformité réglementaire	RGPD	RGPD + Secteur	Multi-juridictions

DÉLAIS D'EXÉCUTION DES PRESTATIONS

Complexité	Simple	Moyen	Complexe
Délai maximal entre notification et début	3 jours	5 jours	7 jours
Durée maximale de réalisation	15 jours	25 jours	40 jours

LIVRABLE(S) ET DÉLAIS ASSOCIÉS

Livrable(s)	Délai maximal de remise à partir du premier jour d'exécution de la prestation		
	Simple	Moyen	Complexe
Analyse d'Impact Protection des Données (AIPD)	3 jours	5 jours	8 jours
Analyse des risques de ré-identification	2 jours	4 jours	6 jours
Plan d'anonymisation détaillé	2 jours	3 jours	5 jours
Ensemble des composants respectant l'anonymisation	5 jours	10 jours	18 jours
Tests de robustesse et validation	3 jours	5 jours	8 jours
Documentation technique complète	2 jours	3 jours	5 jours
Rapport de conformité CNIL/RGPD	2 jours	3 jours	4 jours
Procédures de maintenance	1 jour	2 jours	3 jours
Formation équipes protection données	1 jour	1 jour	2 jours

IV.5.7 UO 2.5.7 - SUPERVISION / DÉRIVE / REPRODUCTIBILITÉ

OBJET

Cette prestation consiste à concevoir et déployer un système complet de supervision MLOps pour les modèles d'intelligence artificielle en production, incluant la détection automatisée des dérives (data drift, concept drift, model drift), le monitoring des performances, et la garantie de reproductibilité des résultats.

L'UO couvre la mise en place d'une infrastructure d'observabilité IA avec alertes intelligentes, tableaux de bord temps réel, versioning complet, et processus automatisés de réaction aux anomalies détectées.

CONTENU ET MODALITÉS D'EXÉCUTION

Détection et Monitoring des Dérives :

- **Data Dérive de données** : Tests statistiques (KS, PSI, Jensen-Shannon) sur les distributions d'entrée
- **Concept Dérive de données** : Monitoring des relations input-output et performance dégradée
- **Model Dérive de données** : Comparaison des prédictions avec modèles de référence
- **Prediction Drift Monitoring** : Analyse des distributions de sortie et confiance

Système de Supervision Avancé :

- **Monitoring temps réel** des métriques de performance (precision, recall, F1)
- **Surveillance des ressources** (latence, débit, utilisation CPU/GPU/mémoire)
- **Détection d'anomalies** avec algorithmes ML (Isolation Forest, One-Class SVM)
- **Alertes intelligentes** avec seuils adaptatifs et réduction du bruit

Reproductibilité et Traçabilité :

- **Versioning complet** des modèles, données, code, et environnements
- **Traçabilité des données**: Traçabilité complète des pipelines de données et modèles
- **Experiment tracking** avec MLflow, Weights & Biases, ou équivalent
- **Audit trail** de toutes les modifications et déploiements

Lineage tracking avancé :

- **Visualisation interactive du lineage** : Interface permettant d'explorer le parcours des données et modèles
- **Lineage versioning** : Historique des évolutions du lineage au fil du temps
- **Impact analysis** : Analyse de l'impact des modifications sur le lineage aval
- **Lineage alerting** : Alertes en cas de rupture ou anomalie dans le lineage
- **Lineage compliance** : Vérification de la conformité du lineage aux standards

Gestion des fiches de modèles :

- **Mise à jour automatique** : Actualisation des fiches de modèles lors de chaque déploiement
- **Versioning centralisé** : Registre unique de toutes les versions avec métadonnées complètes
- **Alertes de conformité** : Notification si une fiche de modèle est incomplète ou obsolète
- **Rapports automatisés** : Génération de rapports comparatifs entre versions de modèles

Infrastructure et Automatisation :

- **Pipelines CI/CD** pour les modèles avec tests automatisés
- **Infrastructure as Code** (Terraform, Ansible) pour la reproductibilité
- **Containerisation** (Docker, Postman, Kubernetes) pour l'isolation et la portabilité
- **Orchestration** des workflows avec Airflow, Kubeflow, ou équivalent

Réaction et Gouvernance :

- **Processus automatisés** de rollback en cas de dérive critique
- **Procédure d'escalade** avec notifications aux équipes appropriées
- **A/B testing** automatisé pour la validation des nouveaux modèles
- **Reporting** automatique pour la gouvernance et compliance

PROFIL(S) PRESSENTI(S)

- MLOps Engineer
- Data Scientist Senior
- DevOps/SRE spécialisé ML
- Data Engineer
- Expert Monitoring/Observabilité

COMPLEXITÉ DE L'UO

Complexité	Simple	Moyen	Complexe
Nombre de modèles à superviser	1-2	3-5	>5
Métriques de supervision	5-10	11-20	>20
Fréquence de supervision	Quotidienne	Horaire	Temps réel
Volume de prédictions/jour	<10K	10K-100K	>100K
Criticité métier	Faible	Moyenne	Élevée
Types de modèles	Simple	Ensemble	Deep Learning
Intégrations	1-2	3-5	>5

Complexité	Simple	Moyen	Complexe
Environnements	Dev/Prod	+Staging	Multi-cloud

DÉLAIS D'EXÉCUTION DES PRESTATIONS

Complexité	Simple	Moyen	Complexe
Délai maximal entre notification et début	3 jours	5 jours	7 jours
Durée maximale de réalisation	15 jours	25 jours	40 jours

LIVRABLE(S) ET DÉLAIS ASSOCIÉS

Livrable(s)	Délai maximal de remise à partir du premier jour d'exécution de la prestation		
	Simple	Moyen	Complexe
Architecture technique détaillée	2 jours	3 jours	5 jours
Configuration des détecteurs de dérive	3 jours	5 jours	8 jours
Tableaux de bord de monitoring	3 jours	5 jours	8 jours
Système d'alertes intelligent	2 jours	4 jours	6 jours
Système de supervision opérationnel	5 jours	10 jours	18 jours
Tests de validation et stress	2 jours	3 jours	5 jours
Documentation technique complète	2 jours	3 jours	5 jours
Procédures d'intervention	1 jour	2 jours	3 jours
Formation équipes opérationnelles	1 jour	2 jours	3 jours
Plan de maintenance et évolution	1 jour	1 jour	2 jours
Système de gestion automatisée des fiches de modèles	5 jours	10 jours	18 jours
Interface de visualisation interactive du lineage complet	5 jours	10 jours	18 jours

Livrable(s)	Délai maximal de remise à partir du premier jour d'exécution de la prestation		
	3 jours	5 jours	8 jours
Système d'alerte sur la conformité du lineage			

IV.5.8 UO 2.5.8 - DÉCOMMISSIONNEMENT D'UN MODÈLE IA

OBJET

Cette prestation consiste à orchestrer le décommissionnement sécurisé et conforme d'un ou plusieurs modèles d'intelligence artificielle en production, en garantissant la continuité de service, la suppression sécurisée des données, et le respect des obligations légales et de gouvernance.

L'UO couvre l'analyse d'impact complète, la planification de la transition, l'archivage conforme, et la suppression sécurisée de tous les composants du modèle, avec traçabilité complète du processus de décommissionnement.

CONTENU ET MODALITÉS D'EXÉCUTION

Analyse et Planification :

- **Analyse d'impact métier et technique** : Identification de toutes les dépendances
- **Cartographie des systèmes impactés** : Applications, APIs, bases de données, utilisateurs
- **Évaluation des risques** : Impact sur la continuité de service et les processus métier
- **Plan de décommissionnement détaillé** avec timeline et points de contrôle

Stratégie de Transition :

- **Plan de migration** vers modèles de remplacement si applicable
- **Stratégie de rollback** en cas de problème pendant la transition
- **Tests de régression** pour valider l'absence d'impact sur les systèmes connectés
- **Communication** aux parties prenantes et utilisateurs finaux

Archivage et Conformité :

- **Archivage conforme** des modèles, données, et documentation selon les politiques de rétention
- **Respect du RGPD** : Suppression des données personnelles selon les obligations légales
- **Traçabilité complète** : Logs d'audit de toutes les opérations de décommissionnement
- **Certification** de suppression sécurisée pour les données sensibles

Suppression Sécurisée :

- **Suppression des modèles** de tous les environnements (dev, test, prod)
- **Nettoyage des caches** et données temporaires
- **Révocation des accès** et identifiants associés
- **Suppression sécurisée** des données selon les standards de sécurité

Validation et Clôture :

- **Tests de validation** : Vérification que le modèle n'est plus accessible
- **Monitoring post-décommissionnement** pour détecter d'éventuels problèmes
- **Rapport de décommissionnement** avec certification de conformité
- **Retour d'expérience** et amélioration des processus

PROFIL(S) PRESENTI(S)

- Chef de Projet Décommissionnement
- Architecte Système
- DevOps/SRE
- Expert Sécurité des Données
- Responsable Conformité/DPO

COMPLEXITÉ DE L'UO

Complexité	Simple	Moyen	Complexe
Nombre de modèles à décommissionner	1	2-3	>3
Systèmes impactés	1-2	3-5	>5

Complexité	Simple	Moyen	Complexe
Criticité métier	Faible	Moyenne	Élevée
Données personnelles	Non	Oui (limitées)	Oui (sensibles)
Intégrations externes	0-1	2-3	>3
Utilisateurs impactés	<10	10-100	>100
Environnements	Dev/Test	+Prod	Multi-cloud
Conformité réglementaire	Standard	RGPD	Secteur spécialisé

DÉLAIS D'EXÉCUTION DES PRESTATIONS

Complexité	Simple	Moyen	Complexe
Délai maximal entre notification et début	5 jours	7 jours	10 jours
Durée maximale de réalisation	10 jours	20 jours	35 jours

LIVRABLE(S) ET DÉLAIS ASSOCIÉS

Livrible(s)	Délai maximal de remise à partir du premier jour d'exécution de la prestation		
	Simple	Moyen	Complexe
Analyse d'impact détaillée	2 jours	3 jours	5 jours
Plan de décommissionnement	2 jours	3 jours	5 jours
Plan de communication	1 jour	2 jours	3 jours
Tests de régression	2 jours	4 jours	6 jours
Archivage conforme	2 jours	4 jours	6 jours
Modèle décommissionné et documentation archivée	3 jours	6 jours	12 jours
Certification de suppression sécurisée	1 jour	2 jours	3 jours
Tests de validation post-décommissionnement	1 jour	2 jours	3 jours
Rapport de décommissionnement complet	1 jour	2 jours	3 jours

Livrable(s)	Délai maximal de remise à partir du premier jour d'exécution de la prestation		
Retour d'expérience et recommandations	1 jour	1 jour	2 jours

IV.5.9 UO 2.5.9 - SUIVI PERFORMANCE PRODUIT IA

OBJET

L'objet de cette UO est de mettre en place et d'opérer un cadre de suivi de la performance des produits IA. Cette prestation vise à mesurer l'impact réel des produits sur les utilisateurs et l'organisation avec des métriques avancées et des analytiques comportementaux, à identifier les opportunités d'amélioration par l'expérimentation continue et à fournir les analyses nécessaires pour orienter les décisions produit et les stratégies d'évolution basées sur des données probantes.

Cette UO est une démarche analytique et de reporting, cruciale pour la gestion de produit basée sur les données et l'optimisation continue de la valeur.

CONTENU ET MODALITÉS D'EXÉCUTION

Analyse et cadrage

L'objectif de cette phase est de cadrer la **performance métier et produit** à suivre, en alignement avec les **objectifs stratégiques** et les **résultats clés (OKR)** définis avec la direction produit et les métiers.

- Identification des **objectifs stratégiques** associés au produit (valeur d'usage, impact métier, performance économique, efficacité opérationnelle).
- Définition des **KPI mesurables et actionnables** : adoption, satisfaction, efficacité, qualité, coûts, productivité.
- Définition des **OKR trimestriels ou semestriels** pour l'équipe produit d'ingénierie, en cohérence avec la roadmap.
- Traduction des objectifs métier en **indicateurs d'ingénierie et d'exploitation** (livraison de valeur, vitesse, fiabilité, disponibilité).
- Cartographie des sources de données nécessaires au suivi (produit, usage, analytics, outils internes).
- Définition du **cadre de gouvernance de la performance produit** : fréquence de mesure, rôles, responsabilités.

Cette phase établit les bases du **pilotage orienté valeur** et de la mesure d'impact des activités d'ingénierie.

Mise en place du dispositif de mesure

L'équipe met en œuvre les mécanismes de **collecte, consolidation et visualisation** des données de performance produit.

- Intégration des **sources de données clés** : logs d'usage, analytics produit, tickets, incidents, données financières, satisfaction utilisateur.
- Mise en place de **pipelines de collecte et d'agrégation** (automatisation, API, intégration avec DataOps).
- Construction de **tableaux de bord de suivi des OKR/KPI**, avec une vue synthétique par périmètre produit.
- Mise en œuvre d'indicateurs combinés :
 - **Valeur métier** : taux d'adoption, volume d'utilisation, impact opérationnel.
 - **Valeur délivrée** : user stories livrées, délais, vitesse, ROI perçu.
 - **Efficacité produit** : réduction du temps de traitement, fiabilité, réduction d'incidents.
 - **Coûts et ressources** : coûts d'exploitation, efficacité de la chaîne de delivery.
- Intégration des métriques dans un environnement analytique moderne (Power BI, Metabase, Digdash, Tableau).
- Automatisation des extractions et calculs pour assurer la **traçabilité et la fiabilité** des données de performance.

Analyse de la performance et alignement sur les OKR

L'équipe produit d'ingénierie réalise une **analyse régulière des performances** pour vérifier l'alignement avec les OKR et identifier les écarts.

- Mesure continue des **résultats clés (KR)** et de leur avancement.
- Identification des **écarts entre valeur prévue et valeur réalisée**, avec analyse de causes.
- Suivi des **indicateurs de santé produit** : satisfaction utilisateurs internes, qualité, dette technique, stabilité.
- Analyse de la **performance économique** : coûts d'exploitation vs bénéfices métier.
- Évaluation de la **création de valeur par les releases** ou évolutions déployées.
- Corrélation entre **effort d'ingénierie et impact business** pour prioriser les futures itérations.
- Consolidation des résultats dans un reporting d'équipe ou comité produit.

Cette phase permet de piloter la performance selon une logique **"outcome over output"** — mesurer la valeur délivrée, pas seulement les livrables.

Amélioration continue et pilotage par la valeur

Sur la base des analyses précédentes, l'équipe met en œuvre une démarche d'**amélioration continue orientée résultats**.

- Revue périodique des OKR avec ajustement des cibles et indicateurs.
- Mise en œuvre d'**actions correctives ou d'optimisation** sur les produits ou processus.
- Utilisation de **modèles de causalité** (impact mapping, value stream mapping)

pour identifier les leviers d'amélioration.

- Expérimentations contrôlées (tests A/B, hypothèses produit) pour valider les impacts métier.
- Priorisation des évolutions en fonction du **rapport valeur / effort / risque**.
- Documentation systématique des apprentissages et décisions pour enrichir la gouvernance produit.

Cette démarche renforce la **maturité produit** et permet d'inscrire la performance dans un cycle agile d'adaptation et de progression continue.

Modèle d'exécution

Thème	Modalités
Périmètre	Produits et plateformes à forte composante d'ingénierie (API, data products, plateformes d'échange, outils internes).
Objectif	Piloter la performance métier et produit en alignement avec les OKR globaux et les objectifs de valeur délivrée.
Méthodologie	Approche data-driven et OKR , avec revue mensuelle et synchronisation continue avec les parties prenantes.
Outils	Tableau de bord (Power BI, Metabase, Grafana, Digdash), collectes automatisées, intégrations aux outils DevOps et analytics.
Qualité / Sécurité	Données de performance anonymisées, gouvernance des accès, traçabilité des mesures.
Livrables	Tableau de bord de suivi des OKR/KPI + Rapport de performance produit + Plan d'amélioration.
Critères d'acceptation	100 % des OKR suivis et mis à jour, indicateurs validés par les parties prenantes, actions d'amélioration tracées et priorisées.

PROFIL(S) PRESENTI(S)

- Responsable croissance produit (certifié Reforge, GrowthHackers)
- Analyste produit senior (expert plateformes analytiques)
- Expert en analytique comportementale
- Product Owner / Chef de projet produit
- Ingénieur Data spécialisé en analytique

DÉTERMINATION DU NIVEAU DE COMPLEXITÉ

Complexité	Simple	Moyen	Complexe
------------	--------	-------	----------

Critère	Analytics basiques	Multi-product tracking	Enterprise-scale analytics
--	--	A/B testing simple	Advanced experimentation
--	--	--	Analyses par ML

DÉLAIS D'EXÉCUTION DES PRESTATIONS

Complexité	Simple	Moyen	Complexe
Délai applicable	5 jours	7 jours	10 jours

LIVRABLE(S) ET DÉLAIS ASSOCIÉS

Livrable(s)	Délai maximal de remise
Framework de métriques produit moderne (North Star, HEART, PLG)	7 jours
Spécification technique de l'instrumentation analytics	10 jours
Tableaux de bord interactifs temps réel avec alerting	20 à 30 jours
Rapports d'analyse avancée par ML et recommandations	Hebdomadaire
Résultats d'expérimentations A/B	Continu
Compte rendu des ateliers avec actions priorisées	24 heures
Documentation complète de l'architecture analytics	Au fil de l'eau
Compte rendu ROI et mesure d'impact métier	Mensuel
Analyse de cohorte et de rétention	Bi-hebdomadaire
Analyse comparative (benchmark) et enseignements issus de l'analyse de marché	Trimestriel

IV.6 PRESTATION L2-6 : GOUVERNANCE, ÉTHIQUE ET CONFORMITÉ IA

La Prestation L2-6 est dédiée à la **gouvernance et à l'éthique** des solutions de Data Science et d'Intelligence Artificielle. Son objectif principal est d'assurer une bonne maîtrise de la conformité des traitements d'IA aux règlements et aux règles d'éthique.

IV.6.1 UO 2.6.1 - ÉVALUATION DE CONFORMITÉ (CNIL, RGPD, EXPLICABILITÉ)

OBJET

L'objet de cette UO est de conduire un audit complet de conformité réglementaire des systèmes et modèles d'intelligence artificielle aux réglementations européennes et françaises (RGPD, CNIL, AI Act européen), aux standards internationaux (ISO/IEC 23053, NIST AI RMF) et aux principes d'IA responsable (explicabilité, équité, robustesse).

Cette prestation vise à certifier la conformité, identifier les risques juridiques et éthiques, et établir un plan de mise en conformité pour garantir un déploiement légal et éthique des solutions d'IA.

CONTENU ET MODALITÉS D'EXÉCUTION

Audit Réglementaire Complet :

- **Conformité RGPD** : Analyse complète des traitements de données personnelles, AIPD, consentement
- **Conformité CNIL** : Application des recommandations spécifiques IA de la CNIL
- **Conformité AI Act européen** : Évaluation selon la classification des systèmes IA (risque minimal, limité, élevé, inacceptable)
- **Réglementations sectorielles** : Conformité aux exigences spécifiques (santé, finance, transport)

Évaluation Technique et Éthique :

- **Tests d'explicabilité** : Validation des capacités d'explication des décisions (SHAP, LIME, etc.)
- **Audit de biais** : Détection et quantification des biais algorithmiques
- **Tests de robustesse** : Évaluation de la résistance aux attaques adverses
- **Évaluation de l'équité** : Tests de non-discrimination sur différents groupes

Audit des fiches de modèles :

- **Vérification de complétude** : Contrôle que toutes les sections obligatoires

sont remplies

- **Validation de la cohérence** : Vérification de la cohérence entre fiche et modèle réel
- **Audit du versioning** : Contrôle de la traçabilité complète des versions
- **Conformité documentaire** : Vérification que les fiches respectent les standards

Gouvernance et Processus :

- **Audit de gouvernance IA** : Évaluation des processus internes de validation et supervision
- **Analyse des risques** : Cartographie complète des risques juridiques, éthiques, opérationnels
- **Conformité organisationnelle** : Évaluation des rôles, responsabilités, formations

Audit de traçabilité :

- **Audit du lineage** : Vérification de la complétude et exactitude de la traçabilité des données
- **Validation de la reproductibilité** : Test de la capacité à reconstruire le parcours complet
- **Conformité RGPD du lineage** : Vérification que la traçabilité permet de répondre aux obligations (droit d'accès, portabilité, etc.)
- **Documentation du lineage** : Vérification de la qualité de la documentation de traçabilité

Certification et Validation :

- **Rapport de conformité certifié** : Document officiel attestant du niveau de conformité
- **Plan de mise en conformité** : Actions correctives prioritaires avec timeline
- **Recommandations stratégiques** : Évolutions organisationnelles et techniques

PROFIL(S) PRESSENTI(S)

- DPO (Délégué à la Protection des Données)
- Expert réglementaire IA/AI Act
- Auditeur certifié ISO 27001/CISA
- Data Scientist Senior spécialisé IA éthique
- Consultant en gouvernance IA

COMPLEXITÉ DE L'UO

Complexité	Simple	Moyen	Complexe
Secteur d'activité	Standard	Réglementé	Critique (santé, finance)
Volume de données personnelles	<1M	1M-10M	>10M
Criticité des décisions IA	Faible	Moyenne	Élevée
Nombre de modèles	1-2	3-5	>5
Réglementations applicables	RGPD	RGPD + CNIL	RGPD + AI Act + Secteur
Géographie	France	UE	International
Intégrations	Standalone	Quelques	Écosystème complexe

DÉLAIS D'EXÉCUTION DES PRESTATIONS

Complexité	Simple	Moyen	Complexe
Délai maximal entre notification et début	5 jours	7 jours	10 jours
Durée maximale de réalisation	15 jours	25 jours	40 jours

LIVRABLE(S) ET DÉLAIS ASSOCIÉS

Livraison(s)	Délai maximal de remise à partir du premier jour d'exécution de la prestation		
	Simple	Moyen	Complexe
Rapport d'audit préliminaire	5 jours	8 jours	12 jours
Tests techniques de conformité	3 jours	5 jours	8 jours
Rapport d'évaluation de conformité complet	10 jours	18 jours	30 jours
Déclaration de conformité certifiée	2 jours	3 jours	5 jours
Plan de mise en conformité détaillé	3 jours	5 jours	8 jours
Matrice des risques et plan d'action	2 jours	3 jours	5 jours
Présentation des conclusions	1 jour	2 jours	3 jours

Livable(s)	Délai maximal de remise à partir du premier jour d'exécution de la prestation		
Formation équipes conformité	1 jour	1 jour	2 jours
Suivi post-audit (3 mois)	Inclus	Inclus	Inclus
Rapport d'audit des fiches de modèles	3 jours	5 jours	8 jours
Checklist de conformité des fiches	2 jours	3 jours	5 jours
Rapport d'audit du système de traçabilité	3 jours	5 jours	8 jours
Certification de complétude du lineage	2 jours	3 jours	5 jours

IV.6.2 UO 2.6.2 - PLAN DE GESTION DES BIAIS, TRANSPARENCE ET ROBUSTESSE

OBJET

L'objet de cette UO est de concevoir et déployer un système complet de gouvernance de l'IA éthique incluant la détection et atténuation automatisées des biais, l'implémentation de mécanismes de transparence avancés, et le renforcement de la robustesse des modèles d'intelligence artificielle.

Cette prestation vise à certifier l'équité, garantir l'explicabilité réglementaire, et assurer la résilience des solutions IA face aux attaques et dérives, dans le respect des standards internationaux d'IA responsable.

CONTENU ET MODALITÉS D'EXÉCUTION

Audit et Détection Avancée des Biais :

- **Analyse multidimensionnelle** : Biais de données, algorithmiques, de confirmation, de sélection
- **Tests statistiques** : Parité démographique, égalité des chances, calibration
- **Métriques d'équité** : Disparate Impact, Equalized Odds, Individual Fairness
- **Détection automatisée** : Outils de monitoring continu des biais en production

Stratégies d'Atténuation Avancées :

- **Pre-processing** : Rééquilibrage, augmentation de données, suppression de variables sensibles
- **In-processing** : Algorithmes fairness-aware (Fairlearn, AIF360), contraintes d'équité
- **Post-processing** : Calibration des scores, seuils adaptatifs par groupe
- **Techniques adversariales** : Adversarial debiasing, domain adaptation

Transparence et Explicabilité Renforcées :

- **Explicabilité globale** : SHAP global, permutation importance, analyse de sensibilité
- **Explicabilité locale** : LIME, SHAP local, explications contrefactuelles
- **Explicabilité par design** : Modèles interprétables, règles de décision
- **Documentation automatisée** : Model cards, datasheets, audit trails

Robustesse et Sécurité :

- **Tests adversariaux** : FGSM, PGD, attaques C&W, robustesse certifiée
- **Validation distributionnelle** : Tests de généralisation, domain shift
- **Robustesse aux données** : Valeurs aberrantes, valeurs manquantes, injection de bruit
- **Monitoring de dérive** : Data drift, concept drift, performance drift

Gouvernance et Processus :

- **Comité d'éthique IA** : Processus de validation, escalade, audit
- **Politiques et procédures** : Guidelines de développement éthique
- **Formation continue** : Sensibilisation, certification des équipes
- **Reporting réglementaire** : Conformité AI Act, RGPD, sectorielles

PROFIL(S) PRESENTI(S)

- Ingénieur Robustesse et Sécurité IA
- Data Scientist Senior spécialisé IA éthique
- Sociologue/Anthropologue des biais
- Consultant en gouvernance IA
- Auditeur IA responsable

COMPLEXITÉ DE L'UO

Complexité	Simple	Moyen	Complexe
Types de biais à traiter	1-2 types	3-5 types	>5 types
Populations sensibles	1 groupe	2-3 groupes	>3 groupes
Criticité des décisions	Faible	Moyenne	Élevée (vie, liberté)
Volume de données	<100K	100K-1M	>1M
Modèles concernés	1 modèle	2-3 modèles	>3 modèles
Réglementations	Standard	RGPD	AI Act + Sectorielles
Explicabilité requise	Basique	Intermédiaire	Réglementaire
Tests de robustesse	Basiques	Avancés	Certification

DÉLAIS D'EXÉCUTION DES PRESTATIONS

Complexité	Simple	Moyen	Complexe
Délai maximal entre notification et début	5 jours	7 jours	10 jours
Durée maximale de réalisation	20 jours	35 jours	50 jours

LIVRABLE(S) ET DÉLAIS ASSOCIÉS

Livraison(s)	Délai maximal de remise à partir du premier jour d'exécution de la prestation		
	Simple	Moyen	Complexe
Audit complet des biais	5 jours	8 jours	12 jours
Tests de robustesse automatisés	3 jours	5 jours	8 jours
Plan de gestion des biais, transparence et robustesse	12 jours	20 jours	30 jours
Outils de monitoring automatisé	5 jours	8 jours	12 jours
Certification d'équité	2 jours	3 jours	5 jours
Documentation des méthodes d'atténuation	3 jours	5 jours	8 jours
Formation équipes spécialisée	2 jours	3 jours	5 jours
Rapports d'audit réguliers	Mensuel	Mensuel	Bimensuel

Livrable(s)	Délai maximal de remise à partir du premier jour d'exécution de la prestation		
Tableau de bord de gouvernance IA	3 jours	5 jours	8 jours
Présentation aux parties prenantes	1 jour	2 jours	3 jours

IV.6.3 UO 2.6.3 - RÉDACTION DE DOCUMENTATION ÉTHIQUE OU CHARTE IA

OBJET

L'objet de cette UO est de concevoir et déployer un système complet de gouvernance éthique de l'IA incluant la rédaction d'une charte IA opérationnelle, l'établissement de processus de gouvernance, et la mise en place d'outils d'évaluation éthique pour garantir un développement et une utilisation responsables de l'intelligence artificielle.

Cette prestation vise à institutionnaliser l'éthique IA, créer une culture de responsabilité, et assurer la conformité aux standards internationaux et réglementations en vigueur.

CONTENU ET MODALITÉS D'EXÉCUTION

Analyse Contextuelle Approfondie :

- **Diagnostic organisationnel** : Maturité IA, culture éthique, risques spécifiques
- **Analyse sectorielle** : Réglementations spécifiques, enjeux métier, parties prenantes
- **Cartographie des valeurs** : Valeurs organisationnelles, attentes sociétales, obligations légales
- **Benchmark international** : Meilleures pratiques, standards (UNESCO, OCDE, IEEE)

Conception de la Charte IA :

- **Principes fondamentaux** : Transparence, équité, responsabilité, respect de la dignité humaine
- **Règles opérationnelles** : Guidelines de développement, critères de validation, processus de décision
- **Responsabilités définies** : Rôles et responsabilités par fonction (développeurs, managers, direction)

- **Mécanismes de contrôle** : Processus d'audit, escalades, sanctions

Gouvernance Opérationnelle :

- **Comité d'éthique IA** : Composition, mandat, processus de décision
- **Processus de validation** : Grilles d'évaluation, critères d'approbation, workflow
- **Mécanismes d'alerte** : Signalement des problèmes éthiques, protection des lanceurs d'alerte
- **Révision périodique** : Processus de mise à jour, veille réglementaire

Outils et Ressources :

- **Grilles d'évaluation éthique** : Checklists, questionnaires, matrices de risques
- **Outils d'aide à la décision** : Arbres de décision, algorithmes d'évaluation
- **Ressources de formation** : Modules e-learning, guides pratiques, cas d'usage
- **Indicateurs de suivi** : KPIs éthiques, tableaux de bord, reporting

Déploiement et Accompagnement :

- **Plan de communication** : Stratégie de diffusion, supports de communication
- **Formation des équipes** : Sensibilisation, formation spécialisée, certification
- **Accompagnement au changement** : Conduite du changement, support utilisateurs
- **Suivi et amélioration** : Retours, ajustements, évolution continue

PROFIL(S) PRESENTI(S)

- Philosophe/Éthicien spécialisé IA
- Expert en IA Éthique / Consultant en Gouvernance IA
- Juriste spécialisé en IA et Data
- Consultant en conduite du changement
- Chef de projet Data / IA

COMPLEXITÉ DE L'UO

Complexité	Simple	Moyen	Complexe
Taille de l'organisation	<50 personnes	50-500	>500
Maturité IA	Débutant	Intermédiaire	Avancé

Complexité	Simple	Moyen	Complexe
Secteur d'activité	Standard	Réglementé	Critique (santé, justice)
Nombre de parties prenantes	<10	10-50	>50
Complexité réglementaire	RGPD	RGPD + Secteur	AI Act + International
Enjeux sociétaux	Faibles	Moyens	Élevés
Diversité géographique	National	Européen	International
Nombre de cas d'usage IA	1-5	6-20	>20

DÉLAIS D'EXÉCUTION DES PRESTATIONS

Complexité	Simple	Moyen	Complexe
Délai maximal entre notification et début	5 jours	7 jours	10 jours
Durée maximale de réalisation	25 jours	40 jours	60 jours

LIVRABLE(S) ET DÉLAIS ASSOCIÉS

Livrible(s)	Délai maximal de remise à partir du premier jour d'exécution de la prestation		
	Simple	Moyen	Complexe
Diagnostic éthique organisationnel	5 jours	8 jours	12 jours
Benchmark et analyse comparative	3 jours	5 jours	8 jours
Projet de documentation éthique ou charte IA	10 jours	15 jours	25 jours
Processus de gouvernance opérationnelle	5 jours	8 jours	12 jours
Outils d'évaluation éthique	3 jours	5 jours	8 jours
Charte IA ou Documentation éthique validée	2 jours	3 jours	5 jours
Plan de formation et sensibilisation	3 jours	5 jours	8 jours

Livvable(s)	Délai maximal de remise à partir du premier jour d'exécution de la prestation		
Plan de communication et de déploiement	2 jours	3 jours	5 jours
Indicateurs et tableaux de bord éthiques	2 jours	3 jours	5 jours
Présentation des principes et de la charte	1 jour	2 jours	3 jours
Formation des équipes dirigeantes	1 jour	2 jours	3 jours

IV.7 PRESTATION L2-7 : EXPLOITATION ET MAINTENANCE IA

Cette prestation L2-7 est dédiée à l'**exploitation courante** et au **Maintien en Condition Opérationnelle (MCO)** des environnements et systèmes IA. Son objectif est de garantir la disponibilité, la performance et la stabilité des infrastructures et applications data.

Elle couvre les opérations quotidiennes d'exploitation (installation, supervision), le **traitement rapide et efficace des incidents**, la réalisation d'**évolutions mineures** pour maintenir les systèmes à jour et optimisés, ainsi que l'**accompagnement aux migrations** d'environnements (cloud, on-premise, hybride). Enfin, elle intègre la gestion des **carnets de tickets**, assurant une réactivité constante face aux imprévus et aux besoins opérationnels.

IV.7.1 UO 2.7.1 - EXPLOITATION COURANTE (INSTALLATION, SUPERVISION)

OBJET

L'objet de cette UO est de déployer, exploiter et superviser de manière industrielle les solutions d'intelligence artificielle dans les environnements du bénéficiaire. Cette prestation couvre l'automatisation complète du déploiement via des pipelines MLOps, la supervision avancée des modèles en production, et la garantie de disponibilité des services IA avec des SLA définis.

Cette prestation assure la continuité opérationnelle et la performance optimale des solutions IA déployées.

Déploiement Automatisé MLOps :

- **Pipelines CI/CD spécialisés IA** : Intégration continue avec tests de modèles, validation automatique
- **Model Registry** : Gestion des versions de modèles, métadonnées, lineage
- **Déploiement multi-environnements** : Dev, test, staging, production avec promotion automatique
- **Stratégies de déploiement** : Blue/green, canary, A/B testing pour les modèles IA
- **Rollback automatique** : Retour en arrière en cas de dégradation de performance

Supervision Avancée :

- **Monitoring de performance** : Latence, débit, utilisation ressources
- **Détection de dérive** : Data drift, concept drift, performance drift
- **Métriques métier** : KPIs métiers, ROI des prédictions, impact utilisateur
- **Alertes intelligentes** : Seuils adaptatifs, escalade automatique
- **Observabilité complète** : Logs, métriques, traces distribuées

Infrastructure et Sécurité :

- **Gestion des secrets** : Chiffrement, rotation automatique des clés
- **Sécurité des modèles** : Protection contre les attaques adversariales
- **Conformité** : Audit trails, traçabilité des déploiements
- **Scalabilité automatique** : Auto-scaling basé sur la charge et les métriques

Exploitation Opérationnelle :

- **SLA garantis** : 99.9% de disponibilité
- **Support 24/7** : Astreinte pour les environnements critiques
- **Maintenance préventive** : Mise à jour automatique, optimisation continue
- **Reprise après sinistre** : Plan de continuité, sauvegarde automatique

PROFIL(S) PRESENTI(S)

- Ingénieur MLOps Senior

- Ingénieur DevOps/SRE
- Ingénieur Data
- Expert Sécurité IA
- Spécialiste Monitoring

COMPLEXITÉ DE L'UO

Complexité	Simple	Moyen	Complexe
Type d'environnement	Single cloud	Multi-cloud	Hybride + Edge
Nombre de modèles	1-3	4-10	>10
Volume de requêtes/jour	<10K	10K-1M	>1M
Criticité métier	Non-critique	Important	Mission-critique
Complexité CI/CD	Standard	MLOps avancé	Multi-tenant
Exigences SLA	99%	99.9%	99.99%
Conformité	Standard	RGPD	Sectorielles + International
Géographie	National	Multi-région	Global

DÉLAIS D'EXÉCUTION DES PRESTATIONS

Complexité	Simple	Moyen	Complexe
Délai maximal entre notification et début	2 jours	3 jours	5 jours
Durée maximale de réalisation	5 jours	10 jours	20 jours

LIVRABLE(S) ET DÉLAIS ASSOCIÉS

Livrable(s)	Délai maximal de remise à partir du premier jour d'exécution de la prestation		
	Simple	Moyen	Complexe
Architecture de déploiement MLOps	2 jours	4 jours	8 jours
Pipelines CI/CD configurés	3 jours	6 jours	12 jours

Livrable(s)	Délai maximal de remise à partir du premier jour d'exécution de la prestation		
Code source de chaîne CI/CD et sa documentation	2 jours	5 jours	10 jours
Tableaux de bord de supervision	2 jours	4 jours	8 jours
Runbooks et procédures d'incident	1 jour	3 jours	5 jours
Tests de performance et charge	2 jours	4 jours	6 jours
Comptes rendus d'installation	2 jours	5 jours	10 jours
Documentation d'exploitation	1 jour	3 jours	5 jours
Plan de reprise après sinistre	1 jour	2 jours	4 jours
Certification de sécurité	1 jour	2 jours	3 jours

IV.7.2 UO 2.7.2 - TRAITEMENT DES INCIDENTS

OBJET

L'objet de cette UO est d'assurer la résolution rapide et efficace de tous les incidents affectant les solutions d'intelligence artificielle, incluant les incidents techniques, fonctionnels et spécifiques à l'IA (dérive de modèles, biais, performance). Cette prestation garantit le rétablissement intégral des services avec une approche proactive de prévention et d'amélioration continue.

Cette UO assure la continuité de service et la qualité opérationnelle des solutions IA déployées.

CONTENU ET MODALITÉS D'EXÉCUTION

PERIODE DE MAINTENANCE

La période de maintenance qui définit la couverture temporelle du service de maintenance que le titulaire doit assurer aux conditions du marché couvre les jours ouvrés du bénéficiaire et court du lundi au vendredi, de 8h00 à 18h00.

MODALITES DE DECLENCHEMENT ET D'EXECUTION

Le signalement est opéré par un représentant de l'administration au moyen d'un message électronique adressé au titulaire. La détermination du niveau de criticité appartient exclusivement à l'administration. Toutefois, avec l'accord du bénéficiaire, le niveau de criticité peut être révisé à tout moment. De la même façon, l'administration peut, s'il le souhaite, allonger les délais de résolution

fixés ci-après. La révision du niveau de criticité et l'allongement des délais sont portés à la connaissance du titulaire par tout moyen permettant de donner date et heure certaines.

Les signalements peuvent être opérés 24h/24 mais les délais ne courent qu'à l'intérieur de la période de maintenance ainsi qu'il est dit ci-après.

Le suivi des opérations de maintenance est transcrit dans un journal horodaté qui :

- revêt impérativement la forme d'un fichier électronique compatible avec la norme ISO 26300 - 2006 (Open Document) ;
- contient au minimum les éléments suivants :
 - numéro de dossier ;
 - développement concerné ;
 - date et heure de signalement ;
 - date et heure de remise en état ;
 - description de l'incident ;
 - solution apportée.

L'administration a la faculté de dispenser le titulaire de la tenue du journal horodaté. La dispense revêt la forme d'un avis écrit et exprès adressé au titulaire par tout moyen permettant de donner date et heure certaines. En l'absence de cet avis, le titulaire tient à jour le journal horodaté qui est remis à l'administration à la demande de ce dernier.

Les travaux effectués au titre de l'UO se voient appliquer la garantie contractuelle prévue au marché.

MODALITÉS DE COMMANDE

L'UO 2.7.2 s'exécute sur la base de tickets utilisables unitairement par incident.

Ainsi qu'il est indiqué au CCAP, l'administration qui entend recourir à l'UO 2.7.2 doit avoir, préalablement à toute demande d'intervention adressée au titulaire, notifié une commande de carnet de tickets audit titulaire. Le choix du type de carnet commandé (carnet de 5 tickets ; carnet de 10 tickets ; carnet de 15 tickets) est laissé à la libre appréciation de l'administration.

PROFIL(S) PRESSENTI(S)

- Ingénieur Data
- Expert IA/MLOps
- Spécialiste Sécurité IA

- Architecte Solution
- Responsable Communication

COMPLEXITÉ DE L'UO

Niveau	Définition Générale	Spécificités IA	Délai
CRITIQUE	Incident causant un arrêt complet des services IA critiques avec impact métier majeur	Modèle IA indisponible, prédictions erronées massives, faille sécurité critique	2 heures
BLOQUANT	Incident rendant impossible l'utilisation normale, non contournable	Dérive majeure de modèle, biais discriminatoire détecté, API IA inaccessible	4 heures
MAJEUR	Incident entravant l'utilisation avec contournement possible	Performance dégradée, dérive modérée, erreurs de prédiction fréquentes	1 jour
MINEUR	Autres incidents sans impact majeur	Alertes de monitoring, optimisations mineures, ajustements paramétriques	3 jours

DÉLAIS D'EXÉCUTION DES PRESTATIONS

Les délais se décomptent à l'intérieur de la période de maintenance du marché précisée ci-avant.

- Pour les délais exprimés en heures, ils se décomptent d'heure à heure.
Exemples :
 - Un incident bloquant est signalé le 15 avril 2019 à 5h00. La correction doit intervenir au plus tard le 15 avril 2019 à 12h00 (le délai de 4 heures ouvrées se décompte à partir de l'heure d'ouverture de la période de maintenance).
 - Un incident bloquant est signalé le 19 avril 2019 à 17h00. La correction doit intervenir au plus tard le 23 avril 2019 à 11h00 (les 20, 21 et 22 avril 2019 ne sont pas des jours ouvrés).
- Pour les délais exprimés en jours, par dérogation à l'article 3.2 du CCAG-TIC, le délai se décompte de jour à jour et d'heure à heure.
Exemples :

- Un incident majeur est signalé le 15 avril 2019 à 5h00. La correction doit intervenir au plus tard le 17 avril 2019 à 8h00 (le délai de 2 jours ouvrés se décompte à partir du 15 avril 2019 – 8 heures [heure d’ouverture de la période de maintenance] et s’achève 2 jours plus tard le 17 avril 2019 à 8 heures).
- Un incident mineur est signalé le 7 mai 2019 à 12h00. La correction doit intervenir au plus tard le 15 mai 2019 à 12h00 (les 8, 11 et 12 mai 2019 ne sont pas des jours ouvrés).

LIVRABLE(S) ET DÉLAIS ASSOCIÉS

Livrible(s)	Délai maximal de remise à partir du premier jour d'exécution de la prestation			
	MINEUR	MAJEUR	BLOQUANT	CRITIQUE
Accusé de réception	4h	2h	30min	15min
Diagnostic initial	1 jour	4h	2h	1h
Correctif opérationnel	3 jours	1 jour	4h	2h
Tests de régression	4 jours	1.5 jour	6h	3h
Rapport d'intervention	5 jours	2 jours	6h	4h
Rapport post-mortem	-	3 jours	2 jours	1 jour
Plan d'action préventif	-	5 jours	3 jours	2 jours
Communication parties prenantes	-	Temps réel	Temps réel	Temps réel
Journal horodaté	Sur demande	Automatique	Automatique	Automatique

IV.7.3 UO 2.7.3 - ÉVOLUTION MINEURE DE TYPE IA

OBJET

L'objet de cette UO est de prendre en charge les évolutions rapides et de faible impact sur les solutions d'intelligence artificielle existantes. Cette prestation permet d'adapter et d'optimiser les modèles IA, interfaces et processus de manière réactive et sécurisée, en réponse à des besoins d'ajustement immédiats tout en préservant les performances et la conformité des solutions déployées.

CONTENU ET MODALITÉS D'EXÉCUTION

Évolutions Techniques IA :

- **Ajustement de paramètres** : Hyperparamètres, seuils de décision, configurations
- **Optimisation de performance** : Amélioration de la latence, débit, précision
- **Mise à jour de features** : Ajout/suppression de variables, feature engineering mineur
- **Correction de biais mineurs** : Ajustements pour améliorer l'équité
- **Interface utilisateur** : Améliorations ergonomiques, visualisations, tableaux de bord

Évolutions Fonctionnelles :

- **Règles métier** : Ajustement des règles de validation, filtres, conditions
- **Intégrations légères** : Nouveaux connecteurs, formats de données
- **Métriques et KPIs** : Ajout d'indicateurs, modification de calculs
- **Alertes et notifications** : Configuration des seuils, destinataires
- **Rapports et restitutions** : Nouveaux graphiques, tableaux, exports

Processus de Validation Renforcé :

- **Analyse d'impact** : Évaluation des risques sur les performances et la conformité
- **Tests automatisés** : Tests de régression, performance, biais, dérive
- **Validation métier** : Approbation des changements par les experts fonctionnels
- **Déploiement progressif** : Canary deployment, A/B testing si nécessaire
- **Monitoring post-déploiement** : Surveillance des métriques pendant 48h

Sécurité et Conformité :

- **Audit trail** : Traçabilité complète des modifications
- **Validation sécurité** : Vérification des impacts sécuritaires
- **Conformité maintenue** : Respect RGPD, réglementations sectorielles
- **Rollback automatique** : Retour en arrière en cas de dégradation

PROFIL(S) PRESENTI(S)

- Développeur IA / Data Scientist
- Expert MLOps
- Testeur IA Spécialisé
- Expert Métier/Fonctionnel
- Responsable Qualité

COMPLEXITÉ DE L'UO

Complexité	Simple	Moyen	Complexe
Type de modification	Paramètres, UI	Algorithmes, features	Architecture, intégrations
Impact sur les modèles	Aucun	Mineur	Modéré
Tests requis	Unitaires	Intégration	Complets + A/B
Validation métier	Automatique	Manuelle	Comité
Risque de régression	Faible	Moyen	Élevé
Nombre de composants	1-2	3-5	>5
Environnements impactés	Dev/Test	+ Staging	+ Production
Délai de rollback	<1h	<4h	<24h

DÉLAIS D'EXÉCUTION DES PRESTATIONS

Complexité	Simple	Moyen	Complexe
Délai maximal entre notification et début	1 jour	2 jours	3 jours
Durée maximale de réalisation	2 jours	5 jours	10 jours
Période de monitoring post-déploiement	24h	48h	72h

LIVRABLE(S) ET DÉLAIS ASSOCIÉS

Livraison(s)	Délai maximal de remise à partir du premier jour d'exécution de la prestation		
	Simple	Moyen	Complexe

Livrable(s)	Délai maximal de remise à partir du premier jour d'exécution de la prestation		
Analyse d'impact	0.5 jour	1 jour	2 jours
Solution IA mise à jour	1 jour	3 jours	5 jours
Tests de validation	0.5 jour	1 jour	2 jours
Rapport de tests	0.5 jour	1 jour	1 jour
Documentation technique mise à jour	1 jour	2 jours	3 jours
Plan de rollback	0.5 jour	1 jour	1 jour
Rapport de déploiement	0.5 jour	1 jour	1 jour
Bilan post-déploiement	1 jour	2 jours	3 jours

IV.7.4 UO 2.7.4 - ACCOMPAGNEMENT À LA MIGRATION CLOUD / ON-PREM / HYBRIDE

OBJET

L'objet de cette UO est d'accompagner l'administration dans la migration sécurisée et optimisée de ses infrastructures et solutions d'intelligence artificielle vers des environnements cloud, on-premise ou hybrides. Cette prestation garantit la continuité de service, l'optimisation des performances IA, la conformité réglementaire et la sécurisation des données et modèles durant toute la transition.

Cette UO assure une transformation digitale réussie avec zéro interruption de service et amélioration des performances.

CONTENU ET MODALITÉS D'EXÉCUTION

Phase d'Analyse et Planification :

- **Audit complet de l'existant** : Infrastructure, modèles IA, pipelines MLOps, données, sécurité
- **Analyse des dépendances** : Cartographie des interconnexions, APIs, services tiers
- **Évaluation des performances** : Benchmarking des charges IA actuels
- **Analyse de conformité** : RGPD, réglementations sectorielles, souveraineté des données

- **Définition de la stratégie** : Choix d'architecture cible, planning de migration, gestion des risques

Migration Technique Spécialisée IA :

- **Migration des modèles** : Transfer learning, model registry, versioning
- **Pipelines MLOps** : CI/CD, orchestration, monitoring, alerting
- **Données et features** : Data lakes, feature stores, catalogues de données
- **Infrastructure de calcul** : GPU clusters, auto-scaling, optimisation des coûts
- **Sécurité avancée** : Chiffrement, gestion des secrets, accès contrôlé, audit trails

Optimisation et Performance :

- **Tuning spécifique IA** : Optimisation des inférences, batch processing, caching
- **Scalabilité automatique** : Auto-scaling basé sur la charge, élasticité
- **Monitoring avancé** : Métriques IA, détection de dérive, alerting intelligent
- **Reprise après sinistre** : Sauvegarde automatique, réplication, plan de continuité

Accompagnement et Formation :

- **Formation des équipes** : Nouvelles technologies, bonnes pratiques, outils
- **Documentation complète** : guides d'exploitation et de procédures opérationnelles, architecture, résolution de problèmes
- **Support post-migration** : Accompagnement 3 mois, optimisation continue
- **Transfert de compétences** : Autonomisation des équipes internes

PROFIL(S) PRESSENTI(S)

- Architecte Data / Ingénieur Cloud
- Expert MLOps
- Expert Sécurité Cloud
- Expert Conformité/RGPD
- Ingénieur DevOps

COMPLEXITÉ DE L'UO

Complexité	Simple	Moyen	Complexe
Nombre de modèles IA	1-3	4-10	>10
Volume de données	<1TB	1-10TB	>10TB
Environnements source	Single	Multi-env	Multi-cloud
Environnement cible	Single cloud	Multi-cloud	Hybride complexe
Criticité métier	Non-critique	Important	Mission-critique
Conformité	Standard	RGPD	Sectorielles + International
Intégrations	<5 systèmes	5-15 systèmes	>15 systèmes
Downtime acceptable	>24h	4-24h	<4h
Équipes impliquées	1-2 équipes	3-5 équipes	>5 équipes

DÉLAIS D'EXÉCUTION DES PRESTATIONS

Complexité	Simple	Moyen	Complexe
Délai maximal entre notification et début	3 jours	5 jours	10 jours
Phase d'analyse et planification	5 jours	10 jours	20 jours
Phase de migration technique	10 jours	30 jours	60 jours
Phase de tests et validation	3 jours	7 jours	15 jours
Phase de formation et transfert	2 jours	5 jours	10 jours
Support post-migration	1 mois	2 mois	3 mois

LIVRABLE(S) ET DÉLAIS ASSOCIÉS

Livrible(s)	Délai maximal de remise à partir du premier jour d'exécution de la prestation		
	Simple	Moyen	Complexe
Audit de l'existant	3 jours	5 jours	10 jours
Stratégie et plan de migration détaillés	5 jours	10 jours	15 jours
Plan de gestion des risques	2 jours	3 jours	5 jours

Livrable(s)	Délai maximal de remise à partir du premier jour d'exécution de la prestation		
Rapport d'analyse de l'infrastructure cible et de l'existant	5 jours	10 jours	20 jours
Architecture cible détaillée	3 jours	5 jours	10 jours
Scripts et outils de migration	5 jours	10 jours	20 jours
Environnement cible configuré et opérationnel	Selon planning	Selon planning	Selon planning
Tests de performance et sécurité	2 jours	5 jours	10 jours
Plan de rollback	1 jour	2 jours	3 jours
Documentation technique complète	3 jours	7 jours	15 jours
Supports de formation	2 jours	3 jours	5 jours
Certification de conformité	1 jour	2 jours	3 jours
Rapport de migration final	2 jours	3 jours	5 jours

IV.8 PRESTATION L2-8 : FORMATION ET ACCOMPAGNEMENT IA

La Prestation L2-8 est dédiée à la formation et à l'accompagnement des utilisateurs et des équipes techniques concernant les solutions de Data Science et d'Intelligence Artificielle. Son objectif est de favoriser l'autonomie, d'optimiser l'utilisation des outils et des modèles, et de développer une culture data et IA au sein de l'organisation.

En somme, cette prestation offre un soutien complet en matière de formation et d'accompagnement, garantissant une maîtrise et une exploitation optimales des capacités de la Data Science et de l'IA par toutes les parties prenantes.

IV.8.1 UO 2.8.1 - FORMATION DES UTILISATEURS MÉTIERS

OBJET

L'objet de cette UO est de former les utilisateurs métiers à l'exploitation responsable et éclairée des solutions d'intelligence artificielle. Cette formation couvre l'interprétation des résultats, la compréhension des limites, les aspects éthiques et de conformité, ainsi que l'intégration optimale des outils IA dans les processus métier.

Cette formation vise à responsabiliser les utilisateurs et à développer une culture IA éthique au sein de l'organisation. Elle nécessite des déplacements.

CONTENU ET MODALITÉS D'EXÉCUTION

Module 1 - Fondamentaux de l'IA Métier :

- **Concepts de base** : Machine Learning, Deep Learning, NLP adaptés au métier
- **Types de modèles** : Classification, régression, clustering, recommandation
- **Écosystème IA** : Données, algorithmes, infrastructure, gouvernance
- **Terminologie métier** : Glossaire adapté au secteur d'activité

Module 2 - Interprétation des Résultats :

- **Compréhension des prédictions** : Classifications, recommandations, scores
- **Indicateurs de confiance** : Probabilités, marges d'erreur, intervalles de confiance
- **Explicabilité simplifiée** : Facteurs d'influence, variables importantes
- **Visualisations** : Graphiques, tableaux de bord, rapports automatisés

Module 3 - Limites et Risques :

- **Limites techniques** : Périmètre d'entraînement, cas non couverts, données aberrantes
- **Biais et équité** : Détection des discriminations, populations sous-représentées
- **Incertitudes** : Gestion de l'incertitude, cas limites, escalade
- **Erreurs courantes** : Surinterprétation, sur-confiance, mauvais usage

Module 4 - Éthique et Conformité :

- **Principes éthiques** : Transparence, équité, responsabilité, explicabilité
- **Conformité RGPD** : Droits des personnes, consentement, portabilité
- **Réglementations sectorielles** : Spécificités métier, obligations légales
- **Gouvernance IA** : Processus de validation, comités éthiques, audit

Module 5 - Intégration Métier :

- **Processus métier** : Intégration dans les workflows existants
- **Prise de décision** : Aide à la décision vs décision automatique
- **Escalade** : Quand et comment remonter les cas complexes
- **Amélioration continue** : Retours d'expérience, optimisation

Module 6 - Sécurité et Protection :

- **Protection des données** : Confidentialité, anonymisation, pseudonymisation
- **Sécurité des accès** : Authentification, autorisation, traçabilité
- **Incidents de sécurité** : Détection, signalement, procédures d'urgence
- **Bonnes pratiques** : Manipulation sécurisée des données et résultats

PROFIL(S) PRESSENTI(S)

- Expert Fonctionnel IA
- Expert en Éthique IA
- Formateur Spécialisé
- Expert Métier Sectoriel
- Responsable Conformité

COMPLEXITÉ DE L'UO

Complexité	Simple	Moyen	Complexe
Nombre d'utilisateurs	<20	20-50	>50
Nombre de modèles IA	1-2	3-5	>5
Secteur d'activité	Standard	Réglementé	Hautement réglementé
Niveau technique requis	Basique	Intermédiaire	Avancé
Criticité métier	Faible	Moyenne	Élevée
Diversité des profils	Homogène	Mixte	Très hétérogène
Contraintes réglementaires	Standard	RGPD	Sectorielles + International
Durée de formation	1 jour	2-3 jours	>3 jours

Complexité	Simple	Moyen	Complexe

DÉLAIS D'EXÉCUTION DES PRESTATIONS

Complexité	Simple	Moyen	Complexe
Délai maximal entre notification et début	5 jours	7 jours	10 jours
Durée maximale de préparation	5 jours	10 jours	15 jours
Durée de formation	1 jour	2-3 jours	4-5 jours
Suivi post-formation	1 mois	2 mois	3 mois

LIVRABLE(S) ET DÉLAIS ASSOCIÉS

Livraison(s)	Délai maximal de remise à partir du premier jour d'exécution de la prestation		
	Simple	Moyen	Complexe
Analyse des besoins	3 jours	5 jours	7 jours
Programme de formation	5 jours	7 jours	10 jours
Supports de formation personnalisés	5 jours	7 jours	10 jours
Environnement de formation	2 jours	3 jours	5 jours
Tests d'évaluation	2 jours	3 jours	5 jours
Attestations de présence	5 jours	5 jours	5 jours
Évaluation des acquis	3 jours	5 jours	7 jours
Certificats de compétences	5 jours	7 jours	10 jours
Plan de suivi personnalisé	3 jours	5 jours	7 jours
Supports de référence	5 jours	7 jours	10 jours
Rapport de formation	7 jours	10 jours	15 jours

IV.8.2 UO 2.8.2 - FORMATION DES DATA SCIENTISTS / MLOPS SUR L'ENVIRONNEMENT CIBLE

OBJET

L'objet de cette UO est de former les data scientists et les équipes MLOps désignées par l'administration à la maîtrise complète et autonome de l'environnement technique cible. Cette formation couvre l'utilisation avancée des outils MLOps, l'optimisation des performances, la sécurité et gouvernance IA, ainsi que les bonnes pratiques d'exploitation pour garantir une IA responsable et performante en production.

Cette formation vise à créer une expertise interne de haut niveau et une autonomie opérationnelle complète. Elle nécessite des déplacements.

CONTENU ET MODALITÉS D'EXÉCUTION

Module 1 - Architecture et Infrastructure :

- **Architecture cible détaillée** : Composants, flux de données, intégrations
- **Infrastructure cloud/on-premise** : Compute, storage, networking, sécurité
- **Scalabilité et performance** : Auto-scaling, load balancing, optimisation des coûts
- **Haute disponibilité** : Redondance, reprise après sinistre, continuité de service

Module 2 - Plateforme MLOps Avancée :

- **Model Registry** : Versioning, métadonnées, lineage des modèles
- **CI/CD pour ML** : Pipelines automatisés, tests, déploiement continu
- **Orchestration** : Airflow, Kubeflow, MLflow, workflows complexes
- **Feature Store** : Gestion des features, réutilisabilité, cohérence

Module 3 - Développement et Déploiement :

- **Environnements de développement** : Notebooks, IDE, collaboration
- **Containerisation** : Docker, Podman, Kubernetes, microservices
- **Déploiement multi-environnements** : Dev, staging, production
- **Stratégies de déploiement** : Blue/green, canary, A/B testing

Module 4 - Monitoring et Observabilité :

- **Monitoring des modèles** : Performance, dérive, biais, explicabilité
- **Observabilité système** : Métriques, logs, traces, alerting
- **Tableaux de bord avancés** : Grafana, Kibana, tableaux de bord personnalisés
- **Incident management** : Détection, escalade, résolution

Module 5 - Sécurité et Conformité Avancées :

- **Sécurité des données** : Chiffrement, anonymisation, pseudonymisation
- **Gestion des accès** : RBAC, ABAC, authentification multi-facteurs
- **Audit et traçabilité** : Logs d'audit, compliance, réglementations
- **Protection contre les attaques** : Attaque adversariale, model stealing

Module 6 - Gouvernance et Éthique IA :

- **Processus de gouvernance** : Validation, approbation, management du cycle de vie
- **IA responsable** : Équité, transparence, explicabilité, robustesse
- **Gestion des risques** : Identification, évaluation, mitigation
- **Documentation et traçabilité** : Model cards, data sheets, lineage

Module 7 - Optimisation et Performance :

- **Optimisation des modèles** : Quantization, pruning, distillation
- **Optimisation infrastructure** : GPU utilization, memory management
- **Optimisation des coûts** : Resource planning, monitoring des coûts
- **Benchmarking et profiling** : Performance analysis, bottlenecks

Module 8 - Résolution de problèmes et Maintenance :

- **Diagnostic avancé** : Debugging, profiling, root cause analysis
- **Maintenance prédictive** : Health checks, actions préventives
- **Gestion des incidents** : Runbooks, procédures d'escalade
- **Amélioration continue** : Post-mortems, retour d'expérience, optimisation

PROFIL(S) PRESSENTI(S)

- Ingénieur MLOps / Architecte MLOps
- Expert en Sécurité IA
- Architecte Cloud
- Formateur Technique Certifié
- Expert en Performance IA

COMPLEXITÉ DE L'UO

Complexité	Simple	Moyen	Complexe
Nombre de participants	<5	5-10	>10
Nombre de technologies	1-3	4-7	>7
Complexité infrastructure	Single cloud	Multi-cloud	Hybride complexe
Niveau technique requis	Intermédiaire	Avancé	Expert
Durée de formation	2-3 jours	4-5 jours	>5 jours
Environnements	1	1-3	>3
Intégrations	<5 systèmes	5-10 systèmes	>10 systèmes
Criticité métier	Faible	Moyenne	Mission-critique

DÉLAIS D'EXÉCUTION DES PRESTATIONS

Complexité	Simple	Moyen	Complexe
Délai maximal entre notification et début	7 jours	10 jours	15 jours
Durée maximale de préparation	7 jours	10 jours	15 jours
Durée de formation	2-3 jours	4-5 jours	6-8 jours
Suivi post-formation	1 mois	2 mois	3 mois

LIVRABLE(S) ET DÉLAIS ASSOCIÉS

Livrable(s)	Délai maximal de remise à partir du premier jour d'exécution de la prestation		
	Simple	Moyen	Complexe
Analyse des besoins techniques	3 jours	5 jours	7 jours
Programme de formation détaillé	5 jours	7 jours	10 jours
Architecture de formation	3 jours	5 jours	7 jours
Supports de formation techniques	7 jours	10 jours	15 jours
Environnement de lab complet	5 jours	7 jours	10 jours

Livrable(s)	Délai maximal de remise à partir du premier jour d'exécution de la prestation		
Exercices pratiques et cas d'usage	5 jours	7 jours	10 jours
Tests de compétences techniques	3 jours	5 jours	7 jours
Compte rendu des sessions	3 jours	5 jours	7 jours
Évaluation pratique des compétences	5 jours	7 jours	10 jours
Certification technique	7 jours	10 jours	15 jours
Documentation technique de référence	7 jours	10 jours	15 jours
Plan de formation continue	5 jours	7 jours	10 jours
Rapport de formation final	10 jours	15 jours	20 jours

IV.8.3 UO 2.8.3 - RÉALISATION DE TUTORIELS, GUIDES UTILISATEURS ET FICHES DE BONNES PRATIQUES

OBJET

L'objet de cette UO est de concevoir, développer et maintenir un écosystème documentaire complet et évolutif pour les solutions d'intelligence artificielle. Cette prestation couvre la création de ressources pédagogiques multimodales, l'établissement de standards documentaires, la mise en place d'une gouvernance documentaire et l'assurance d'une accessibilité universelle pour faciliter l'adoption et l'utilisation optimale des solutions IA.

Cette UO vise à créer une base de connaissances vivante et un centre d'excellence documentaire pour l'IA.

CONTENU ET MODALITÉS D'EXÉCUTION

Phase 1 - Analyse et Stratégie Documentaire :

- **Audit documentaire existant** : Évaluation de la documentation actuelle
- **Analyse des besoins utilisateurs** : Personas, parcours utilisateur, cas d'usage
- **Définition de la stratégie** : Architecture de l'information, taxonomie, standards

- **Plan de gouvernance** : Processus de création, validation, mise à jour, archivage

Phase 2 - Conception et Standards :

- **Charte graphique documentaire** : Modèles, styles, identité visuelle
- **Standards d'accessibilité** : Conformité RGAA, WCAG, design inclusif
- **Architecture de l'information** : Structure, navigation, recherche
- **Processus qualité** : Revue, validation, contrôle qualité

Phase 3 - Production de Contenu :

- **Tutoriels interactifs** : Guides pas-à-pas avec captures d'écran, vidéos
- **Guides utilisateurs complets** : Documentation exhaustive par rôle et fonction
- **Fiches de bonnes pratiques** : Recommandations sectorielles et techniques
- **Documentation technique** : APIs, architectures, configurations
- **Supports de formation** : Présentations, exercices, évaluations

Phase 4 - Supports Multimédias :

- **Vidéos pédagogiques** : Tutoriels, démonstrations, témoignages
- **Infographies et schémas** : Visualisations de concepts complexes
- **Podcasts et webinaires** : Contenus audio pour l'apprentissage mobile
- **Réalité augmentée/virtuelle** : Expériences immersives pour la formation

Phase 5 - Plateforme et Diffusion :

- **Portail documentaire** : Site web dédié, moteur de recherche, personnalisation
- **Intégration système** : APIs, SSO, synchronisation avec les outils existants
- **Distribution multicanale** : Web, mobile, impression, hors-ligne
- **Communauté utilisateurs** : Forums, commentaires, contributions

Phase 6 - Maintenance et Évolution :

- **Mise à jour continue** : Processus automatisés, alertes de péremption
- **Métriques et Analyse de données** : Utilisation, satisfaction, efficacité
- **Amélioration continue** : Retours utilisateurs, optimisation
- **Évolution technologique** : Adaptation aux nouvelles technologies

PROFIL(S) PRESSENTI(S)

- Rédacteur Technique Spécialisé en IA
- UX Designer / Concepteur Pédagogique
- Expert en Accessibilité Numérique
- Développeur Frontend
- Vidéaste/Motion Designer

COMPLEXITÉ DE L'UO

Complexité	Simple	Moyen	Complexe
Volume de documentation	<50 pages	50-200 pages	>200 pages
Nombre de formats	1-2 formats	3-4 formats	>4 formats
Audience cible	Homogène	Mixte	Très hétérogène
Niveau technique	Basique	Intermédiaire	Expert
Interactivité	Statique	Semi-interactif	Hautement interactif
Multimédia	Texte + images	+ Vidéos simples	+ VR/AR, animations
Langues	Français uniquement	Français + Anglais	Multilingue
Intégrations	Autonome	Quelques intégrations	Écosystème complet

DÉLAIS D'EXÉCUTION DES PRESTATIONS

Complexité	Simple	Moyen	Complexe
Délai maximal entre notification et début	3 jours	5 jours	7 jours
Phase d'analyse et conception	5 jours	10 jours	15 jours
Phase de production	10 jours	20 jours	40 jours
Phase de validation et tests	3 jours	5 jours	10 jours
Phase de déploiement	2 jours	5 jours	10 jours

LIVRABLE(S) ET DÉLAIS ASSOCIÉS

Livraison(s)	Délai maximal de remise à partir du premier jour d'exécution de la prestation		
	Simple	Moyen	Complexe
Audit documentaire existant	3 jours	5 jours	7 jours
Stratégie documentaire	5 jours	7 jours	10 jours
Plan de production documentaire	3 jours	5 jours	7 jours
Charte graphique et modèles	5 jours	7 jours	10 jours
Architecture de l'information	3 jours	5 jours	7 jours
Tutoriels, guides et fiches de bonnes pratiques	10 jours	20 jours	40 jours
Supports multimédias	5 jours	15 jours	30 jours
Plateforme documentaire	-	10 jours	20 jours
Tests d'accessibilité	2 jours	3 jours	5 jours
Plan de maintenance	3 jours	5 jours	7 jours
Rapport de suivi de production	3 jours	5 jours	7 jours
Compte rendu de validation	2 jours	3 jours	5 jours
Métriques d'utilisation	2 jours	3 jours	5 jours
Certification de conformité	3 jours	5 jours	7 jours

IV.8.4 UO 2.8.4 - PRÉPARATION ET ACCOMPAGNEMENT À LA PRISE EN MAIN DE LA SOLUTION D'IA

OBJET

L'objet de cette UO est d'orchestrer une transformation organisationnelle réussie autour de l'adoption des solutions d'intelligence artificielle. Cette prestation couvre la conduite du changement, l'accompagnement personnalisé, la formation pratique, le transfert de compétences et la mesure de l'impact pour garantir une adoption durable et une autonomie opérationnelle complète des équipes.

Cette UO vise à créer une culture IA au sein de l'organisation et à maximiser le retour sur investissement des solutions déployées. Elle nécessite des déplacements.

Phase 1 - Diagnostic et Stratégie de Changement :

- **Analyse de l'état actuel** : Évaluation des compétences, processus, existants
- **Analyse des parties prenantes** : Identification des champions, résistants, influenceurs
- **Stratégie de conduite du changement** : Plan global de transformation organisationnelle
- **Plan de communication** : Stratégie de sensibilisation et d'engagement

Phase 2 - Préparation et Mobilisation :

- **Formation des champions** : Identification et formation des ambassadeurs internes
- **Communication de lancement** : Campagne de sensibilisation et de motivation
- **Préparation des équipes** : Formation préalable et mise en condition
- **Mise en place de la gouvernance** : Comité de pilotage, indicateurs, processus

Phase 3 - Accompagnement Opérationnel :

- **Support de proximité** : Assistance quotidienne et résolution de problèmes
- **Coaching individuel et collectif** : Accompagnement personnalisé par profil
- **Ateliers pratiques** : Sessions de mise en pratique sur cas réels
- **Communauté de pratiques** : Échanges entre utilisateurs, partage d'expériences

Phase 4 - Transfert de Compétences :

- **Formation des formateurs** : Création d'expertise interne
- **Documentation des processus** : Procédures, bonnes pratiques, retours d'expérience
- **Certification des compétences** : Validation des acquis et reconnaissance
- **Plan de formation continue** : Évolution des compétences et mise à jour

Phase 5 - Mesure et Optimisation :

- **Tableau de bord d'adoption** : KPIs d'usage, satisfaction, performance
- **Enquêtes de satisfaction** : Retours utilisateurs, points d'amélioration
- **Analyse d'impact** : ROI, bénéfices métier, transformation organisationnelle
- **Plan d'amélioration continue** : Optimisation basée sur les retours

Phase 6 - Autonomisation et Pérennisation :

- **Transfert de responsabilité** : Passation progressive vers les équipes internes
- **Plan de maintenance** : Évolution, mise à jour, support continu
- **Réseau d'expertise** : Maintien de la communauté et de l'expertise
- **Innovation continue** : Identification de nouveaux cas d'usage

PROFIL(S) PRESSENTI(S)

- Consultant en Conduite du Changement / Chef de Projet Fonctionnel
- Expert en Conduite du Changement IA
- Responsable Communication Interne
- Formateur Certifié
- Analyste en Performance Organisationnelle

COMPLEXITÉ DE L'UO

Complexité	Simple	Moyen	Complexe
Nombre d'utilisateurs	<50	50-200	>200
Nombre d'ateliers	1-3	4-8	>8
Résistance au changement	Faible	Modérée	Élevée
Complexité organisationnelle	Simple	Matricielle	Multi-sites/pays
Criticité métier	Faible	Moyenne	Mission-critique
Diversité des profils	Homogène	Mixte	Très hétérogène
Durée d'accompagnement	<1 mois	1-3 mois	>3 mois
Niveau de transformation	Adaptation	Évolution	Révolution

DÉLAIS D'EXÉCUTION DES PRESTATIONS

Complexité	Simple	Moyen	Complexe
Délai maximal entre notification et début	3 jours	5 jours	7 jours
Phase de diagnostic et stratégie	5 jours	10 jours	15 jours

Complexité	Simple	Moyen	Complexe
Phase de préparation	5 jours	10 jours	15 jours
Phase d'accompagnement	15 jours	30 jours	60 jours
Phase de transfert	5 jours	10 jours	15 jours

LIVRABLE(S) ET DÉLAIS ASSOCIÉS

Livrable(s)	Délai maximal de remise à partir du premier jour d'exécution de la prestation		
	Simple	Moyen	Complexe
Diagnostic organisationnel	3 jours	5 jours	7 jours
Stratégie de conduite du changement	5 jours	7 jours	10 jours
Plan d'accompagnement à la prise en main	3 jours	5 jours	7 jours
Plan de communication	3 jours	5 jours	7 jours
Formation des champions	5 jours	7 jours	10 jours
Supports d'aide à l'utilisation	5 jours	7 jours	10 jours
Tableau de bord d'adoption	3 jours	5 jours	7 jours
Rapports de support	Hebdomadaire	Hebdomadaire	Hebdomadaire
Compte rendu des ateliers	2 jours	3 jours	5 jours
Enquêtes de satisfaction	3 jours	5 jours	7 jours
Certification des compétences	5 jours	7 jours	10 jours
Rapport de bilan	7 jours	10 jours	15 jours
Analyse d'impact et ROI	5 jours	7 jours	10 jours
Procès-verbal de transfert	3 jours	5 jours	7 jours
Plan de pérennisation	5 jours	7 jours	10 jours

IV.8.5 UO 2.8.5 - SENSIBILISATION AUX TECHNOLOGIES DE LA SCIENCE DE DONNÉES ET IA ÉMERGENTES

OBJET

L'objet de cette UO est de développer une vision stratégique et prospective des technologies de science des données et d'intelligence artificielle au sein de l'organisation. Cette prestation couvre la sensibilisation aux enjeux, l'exploration des technologies émergentes, l'identification des opportunités métier, l'évaluation des impacts et l'élaboration d'une feuille de route d'innovation pour positionner l'organisation comme leader dans la transformation IA.

Cette UO vise à créer une culture d'innovation IA et à définir une stratégie technologique différenciante.

CONTENU ET MODALITÉS D'EXÉCUTION

Module 1 - État de l'Art et Tendances :

- **Panorama technologique** : État actuel et évolutions des technologies IA
- **Analyse prospective** : Tendances émergentes et technologies disruptives
- **Benchmark sectoriel** : Positionnement concurrentiel et meilleures pratiques
- **Écosystème d'innovation** : Acteurs clés, startups, centres de recherche

Module 2 - Technologies Émergentes Approfondies :

- **IA Générative** : GPT, Mistral, Claude, Perplexity, Copilot, Gemini, DALL-E, applications créatives et productives
- **IA Conversationnelle** : Chatbots avancés, assistants virtuels, NLP
- **Computer Vision Avancée** : Reconnaissance d'objets, analyse vidéo, réalité augmentée
- **Edge AI et IoT** : Intelligence embarquée, traitement temps réel
- **Apprentissage fédéré** : Apprentissage distribué, confidentialité des données
- **Quantum Machine Learning** : Calcul quantique appliqué à l'IA
- **AutoML et No-Code AI** : Démocratisation de l'IA, outils accessibles

Module 3 - Impacts Sectoriels et Cas d'Usage :

- **Transformation des métiers** : Impact sur les fonctions et compétences
- **Nouveaux modèles économiques** : Monétisation de l'IA, plateformes
- **Cas d'usage innovants** : Applications sectorielles et transversales
- **Success stories** : Retours d'expérience et leçons apprises

Module 4 - Enjeux Stratégiques et Réglementaires :

- **Stratégie d'entreprise** : Positionnement concurrentiel, différenciation
- **Évolutions réglementaires** : AI Act européen, réglementations sectorielles
- **Éthique et responsabilité** : IA de confiance, gouvernance responsable
- **Souveraineté numérique** : Indépendance technologique, sécurité

Module 5 - Évaluation des Opportunités :

- **Analyse d'impact** : Potentiel de transformation, ROI estimé
- **Matrice d'opportunités** : Faisabilité vs impact, priorisation
- **Cas d'usage métier** : Évaluation économique des cas d'usage identifiés
- **Analyse des risques** : Risques technologiques, organisationnels, réglementaires

Module 6 - Feuille de route et Plan d'Action :

- **Vision stratégique** : Ambition IA à 3-5 ans, objectifs clés
- **Plan technologique** : Planification des évolutions et investissements
- **Plan d'innovation** : Projets pilotes, expérimentations, partenariats
- **Gouvernance de l'innovation** : Organisation, processus, indicateurs

PROFIL(S) PRESSENTI(S)

- Consultant Senior en Stratégie IA / Expert en Innovation Data
- Consultant en Innovation Sectorielle
- Analyste Marché et Tendances
- Expert Réglementaire IA
- Futurologue/Prospectiviste

COMPLEXITÉ DE L'UO

Complexité	Simple	Moyen	Complexe
Taille de l'audience	<50	50-150	>150
Diversité des profils	Homogène	Mixte	Très hétérogène
Niveau de maturité IA	Débutant	Intermédiaire	Avancé
Secteur d'activité	Standard	Réglementé	Hautement spécialisé

Complexité	Simple	Moyen	Complexe
Portée géographique	Local	National	International
Nombre de technologies	3-5	6-10	>10
Profondeur d'analyse	Vue d'ensemble	Analyse détaillée	Étude approfondie
Livrables attendus	Sensibilisation	+ Opportunités	+ Feuille de route complète

DÉLAIS D'EXÉCUTION DES PRESTATIONS

Complexité	Simple	Moyen	Complexe
Délai maximal entre notification et début	5 jours	7 jours	10 jours
Phase de préparation et recherche	7 jours	10 jours	15 jours
Phase de sensibilisation	2 jours	3-4 jours	5-7 jours
Phase d'analyse et synthèse	5 jours	10 jours	15 jours
Phase de restitution	3 jours	5 jours	7 jours

LIVRABLE(S) ET DÉLAIS ASSOCIÉS

Livrable(s)	Délai maximal de remise à partir du premier jour d'exécution de la prestation		
	Simple	Moyen	Complexe
Étude de marché et benchmark	5 jours	7 jours	10 jours
Programme de sensibilisation détaillé	3 jours	5 jours	7 jours
Cartographie des technologies émergentes	5 jours	7 jours	10 jours
Supports de présentation et documentation	5 jours	7 jours	10 jours
Analyse sectorielle approfondie	7 jours	10 jours	15 jours
Notes de synthèse sur technologies émergentes	5 jours	7 jours	10 jours
Matrice d'opportunités et cas d'usages métier	7 jours	10 jours	15 jours
Rapport d'identification des	7 jours	10 jours	15 jours

Livrable(s)	Délai maximal de remise à partir du premier jour d'exécution de la prestation		
opportunités			
Plan technologique et d'innovation	-	10 jours	15 jours
Plan d'action stratégique	-	7 jours	10 jours
Compte rendu des sessions	3 jours	5 jours	7 jours
Rapport de veille technologique	5 jours	7 jours	10 jours
Recommandations stratégiques	7 jours	10 jours	15 jours

IV.9 PRESTATION L2-9 : IA GÉNÉRATIVE ET LLM

Cette prestation couvre l'ensemble du cycle de vie des modèles de langage, depuis leur **évaluation et sélection** (benchmarks, critères techniques/éthiques) jusqu'au **fine-tuning** et à leur **intégration dans les applications métier**. Il inclut la **gouvernance et la conformité réglementaire** (AI Act, RGPD), le **monitoring et l'optimisation** des performances en production, ainsi que la formation des équipes. Les prestations comprennent la réalisation de POCs, la mise en place d'architectures d'intégration, le suivi continu des modèles et l'accompagnement à l'usage responsable.

IV.9.1 UO 2.9.1 - ÉVALUATION ET SÉLECTION MODÈLES LLM

OBJET

L'évaluation et sélection de modèles LLM consiste à :

- Analyser et comparer les modèles de langage disponibles selon les besoins métier ;
- Définir les critères de sélection techniques, économiques et éthiques ;
- Réaliser des tests comparatifs et benchmarks sur cas d'usage réels.

À titre d'exemples, l'évaluation peut porter sur (liste non exhaustive) :

- La comparaison de modèles propriétaires (GPT, Claude, Gemini, Perplexity, etc) et open source (Llama, Mistral, etc) ;
- L'évaluation de modèles spécialisés par domaine (code, juridique, médical) ;
- L'analyse des coûts d'utilisation et de déploiement des différents modèles.

CONTENU ET MODALITÉS D'EXÉCUTION

1. Objectif et périmètre

Cette unité d'œuvre vise à **évaluer, comparer et sélectionner les modèles de langage (LLM)** les plus adaptés aux besoins métiers et techniques du client.

L'objectif est d'établir une **décision éclairée et documentée** entre plusieurs modèles candidats (ouverts, propriétaires ou internes), en prenant en compte les **dimensions de performance, coût, sécurité, conformité, et soutenabilité**.

La prestation repose sur une **méthodologie d'évaluation mixte** (quantitative, qualitative et métier), complétée par la réalisation de **Proofs of Concept (POCs)** comparatifs.

2. Analyse des capacités techniques des modèles

- Identification et comparaison des **caractéristiques clés** : taille du modèle, nombre de paramètres, architecture, versions d'entraînement, tokenization, vocabulaire, langues supportées.
- Évaluation des **capacités fonctionnelles** : génération, résumé, traduction, raisonnement, extraction, code, multimodalité, etc.
- Vérification de la **compatibilité technique** avec les plateformes cibles (API REST, SDK, conteneur, format ONNX, etc.).
- Mesure des **performances brutes** : latence, débit, taux de réussite sur benchmarks standards (MMLU, HellaSwag, GSM8K, etc.).
- Analyse des **contraintes matérielles** (GPU/CPU requis, consommation mémoire, besoins réseau).

3. Évaluation sur cas d'usage métier

- Définition des **cas d'usage métier représentatifs** en lien avec les équipes fonctionnelles.
- Conception de **scénarios de test réalistes**, incluant prompts, contextes et critères de réussite.
- Exécution contrôlée des tests avec jeux de prompts standardisés.

- Mesure des **indicateurs qualitatifs** : pertinence, cohérence, complétude, style, tonalité, hallucination, exactitude factuelle.
- **Comparaison inter-modèles** sur base de score pondéré par critères métier.
- Intégration de **retours utilisateurs** pour l'évaluation de la satisfaction perçue et de la confiance dans les réponses.

4. Analyse économique et budgétaire

- Évaluation du **coût total de possession (TCO)** incluant :
 - coût d'inférence (token ou requête),
 - coût d'infrastructure (GPU, bande passante, stockage),
 - coût de supervision et maintenance,
 - coût de licence ou d'abonnement.
- Comparaison des **modèles open-source et propriétaires** selon les modes d'hébergement (cloud, on-prem, hybride).
- Évaluation de la **scalabilité économique** selon la volumétrie et la charge projetée.
- Élaboration de **scénarios budgétaires** à 12, 24 et 36 mois avec recommandations d'optimisation.

5. Évaluation éthique, sécuritaire et réglementaire

- Vérification des **aspects de sécurité et de confidentialité** : gestion des logs, des prompts et des sorties sensibles.
- Analyse de la **robustesse et de la résistance aux attaques par prompt injection**.
- Évaluation des **biais potentiels** dans les réponses selon les thématiques métier.
- Vérification de la **conformité RGPD et AI Act** : traitement des données personnelles, explicabilité, auditabilité.
- Évaluation de la **gouvernance et des politiques de contenu** du fournisseur (filtrage, censure, transparence).
- Production d'un **rapport de conformité IA responsable** documentant les résultats.

6. Compatibilité et intégration technique

- Vérification de la **compatibilité avec l'architecture existante** (bus d'intégration, APIs, sécurité, observabilité).

- Analyse des **interfaces d'intégration disponibles** (REST, SDK, LangChain, OpenAI-compatible, etc.).
- Évaluation de la **facilité de déploiement** : conteneurisation, orchestration, monitoring.
- Validation de la **gestion des identités et des accès** (authentification, autorisation, journalisation).
- Mesure de la **maturité DevOps / MLOps** du modèle ou de la plateforme associée.

7. Pérennité et feuille de route des modèles

- Évaluation de la **maturité du fournisseur / communauté** (fréquence de mise à jour, roadmap publique).
- Vérification de la **stabilité et du support long terme (LTS)** des versions.
- Analyse de la **dépendance technologique** (vendor lock-in, compatibilité inter-plateforme).
- Étude de la **trajectoire technologique** : modèles successeurs, innovations prévues, alignement avec la stratégie IA du client.
- Recommandations sur le **choix d'un modèle à long terme** et les conditions d'évolutivité (fine-tuning, hosting interne, etc.).

8. Proofs of Concept (POC) et expérimentation

- Sélection de **2 à 4 modèles présélectionnés** pour expérimentation.
- Mise en place d'un **environnement contrôlé de test** avec instrumentation (logs, traces, métriques).
- Exécution des **scénarios représentatifs** sur chaque modèle.
- Collecte des **résultats objectifs et subjectifs**.
- Synthèse comparative sous forme de **matrice d'évaluation pondérée**.
- Recommandation finale sur le modèle cible avec justification argumentée et risques associés.

9. Livrables et modèle d'exécution

Méthodologie : approche itérative et collaborative (Data Science, IT, Métiers).

Critères d'acceptation : transparence, reproductibilité, comparabilité, conformité, validation métier.

PROFIL(S) PRESENTI(S)

- Expert IA/LLM
- Data Scientist spécialisé NLP
- Architecte IA.

COMPLEXITÉ DE L'UO

Complexité	Simple	Moyen	Complexe
Critère	Évaluation de 2-3 modèles, 1-2 cas d'usage	Évaluation de 4-6 modèles, 3-5 cas d'usage	Évaluation de > 6 modèles, > 5 cas d'usage

DÉLAIS D'EXÉCUTION DES PRESTATIONS

Complexité	Simple	Moyen	Complexe
Délai applicable	15 jours	25 jours	40 jours

LIVRABLE(S) ET DÉLAIS ASSOCIÉS

Livrable(s)	Délai maximal de remise
Grille d'évaluation et critères de sélection	3 jours à compter de la commande
Benchmarks et tests comparatifs	10 jours après livraison de la grille
POCs sur cas d'usage métier	8 jours après benchmarks
Matrice de décision et recommandations	5 jours après POCs

IV.9.2 UO 2.9.2 - FINE-TUNING ET ADAPTATION MODÈLES GÉNÉRATIFS

OBJET

Le fine-tuning et adaptation de modèles génératifs consiste à :

- adapter des modèles pré-entraînés aux besoins spécifiques de l'organisation ;
- optimiser les performances sur les cas d'usage métier identifiés ;
- mettre en place les processus d'entraînement et de validation.

À titre d'exemples, l'adaptation peut porter sur (liste non exhaustive) :

- le fine-tuning de modèles pour des domaines spécialisés ;
- l'adaptation de modèles multilingues pour le français ;
- l'optimisation de modèles pour des tâches spécifiques (résumé, classification, génération).

CONTENU ET MODALITÉS D'EXÉCUTION

1. Objectif et périmètre

Cette unité d'œuvre vise à **adapter et optimiser des modèles génératifs (LLM, modèles de diffusion, modèles multimodaux, etc.)** aux besoins spécifiques, par des techniques de fine-tuning ou d'instruction-tuning. L'objectif est de **personnaliser les modèles** selon les contextes métier, jeux de données internes, et exigences de performance, tout en **garantissant la robustesse, la conformité et la traçabilité** des entraînements.

Le titulaire met en œuvre une **expertise avancée en entraînement, optimisation et déploiement de modèles IA** sur des environnements cloud ou on-premise, avec une approche **itérative et contrôlée**.

2. Préparation et curation des données d'entraînement

- **Identification et sélection des jeux de données pertinents**, en lien avec les experts métier.
- **Nettoyage, normalisation et déduplication** des données d'apprentissage.
- **Anonymisation et pseudonymisation** pour la conformité RGPD.
- **Équilibrage et diversification des données** pour limiter les biais.
- **Structuration des corpus** selon les formats adaptés au modèle cible (instruction tuning, dialogue, résumé, génération de texte, code, image...).
- **Validation de la qualité du corpus** via indicateurs de diversité, cohérence et bruit.

3. Définition de la stratégie de fine-tuning

- Choix du **type de fine-tuning** en fonction du modèle, des ressources et des objectifs :
 - **Full fine-tuning** pour adaptation complète.
 - **LoRA / QLoRA / PEFT** pour entraînement léger et économe.
 - **Instruction-tuning** pour adaptation comportementale.
 - **Continual learning** pour entraînement incrémental.
- Définition des **paramètres d'entraînement** : taux d'apprentissage, taille de batch, nombre d'époques, régularisation.

- Mise en place d'un **plan d'expérimentation** avec suivi des variantes de modèles.
- Définition des **objectifs de performance (OKR / KPI IA)** et des seuils d'acceptation (BLEU, ROUGE, F1, perplexité, taux d'erreur, satisfaction utilisateur).

4. Mise en place de l'infrastructure d'entraînement

- Provisionnement automatisé via **Infrastructure as Code (IaC)**.
- **Utilisation de clusters GPU/TPU** sur cloud ou infrastructure dédiée.
- **Optimisation du pipeline de données** (chargement, mise en cache, parallélisation).
- Suivi des métriques via **MLflow, Weights & Biases, Comet ou ClearML**.
- Gestion des versions de modèles et jeux de données via **DVC ou Git-LFS**.
- Sécurisation des environnements d'entraînement : isolation des jobs, gestion des secrets, chiffrement des données.

5. Entraînement itératif et monitoring des performances

- **Boucles itératives d'entraînement, évaluation et ajustement.**
- Suivi des **métriques de convergence, stabilité et sur-apprentissage**.
- **Monitoring en temps réel** des performances (perte, précision, coût GPU, temps d'exécution).
- Détection automatique des **anomalies et dérives** durant l'entraînement.
- **Validation incrémentale** après chaque itération par échantillon de test et par experts métier.

6. Validation et évaluation des modèles adaptés

- Évaluation **quantitative** : précision, perplexité, F1-score, rouge, BLEU, etc.
- Évaluation **qualitative** : pertinence, cohérence, absence d'hallucinations, ton et style.
- Évaluation **sécuritaire et éthique** : détection de biais, respect des politiques de contenu, robustesse aux prompts sensibles.
- Validation par **tests utilisateurs et scénarios métier réels**.
- Génération automatique de **rapports d'évaluation et de traçabilité**.

7. Optimisation et compression pour le déploiement

- **Quantization, pruning, distillation** pour réduction de taille et accélération.

- **Optimisation multi-plateformes** (GPU, CPU, edge, mobile).
- Export et intégration via **formats standardisés** (ONNX, TorchScript, GGUF, etc.).
- **Validation des performances post-optimisation** (latence, précision, cohérence).
- Préparation à l'intégration dans les pipelines de production ou APIs (cf. UO "Intégration IA générative").

8. Documentation et transfert de compétences

- Rédaction de la **documentation complète du processus d'adaptation** (datasets, configurations, hyperparamètres, versions).
- Rédaction du **rapport d'évaluation et de conformité IA responsable**.
- Livraison des **scripts, notebooks et configurations** d'entraînement.
- **Formation des équipes data science et MLOps** sur les techniques de fine-tuning et d'optimisation utilisées.
- Ateliers de transfert de compétences sur la **reproductibilité et la maintenance** des modèles adaptés.

Modèle d'exécution

Thème	Modalités
Méthodologie	Approche itérative agile basée sur des cycles d'expérimentation rapide et validation continue.
Livrables	Modèle entraîné et optimisé, rapport de performance, documentation technique, rapport d'évaluation IA responsable, scripts et configurations d'entraînement.
Critères d'acceptation	Amélioration mesurable des performances selon KPI définis, stabilité du modèle, conformité RGPD et AI Act, reproductibilité validée.
Environnement cible	Cloud GPU/TPU (AWS Sagemaker, GCP Vertex AI, Azure ML, ou on-prem GPU Cluster) avec MLOps complet.
Outils	PyTorch, Hugging Face, DeepSpeed, PEFT, LoRA/QLoRA, MLflow, DVC, Kubeflow, Terraform, GitLab CI/CD.

PROFIL(S) PRESSENTI(S)

- ML Engineer spécialisé LLM

- Data Scientist expert fine-tuning
- DevOps ML

COMPLEXITÉ DE L'UO

Complexité	Simple	Moyen	Complexe
Critère	1 modèle, dataset < 10k exemples	2-3 modèles, dataset 10k-100k exemples	> 3 modèles, dataset > 100k exemples

DÉLAIS D'EXÉCUTION DES PRESTATIONS

Complexité	Simple	Moyen	Complexe
Délai applicable	20 jours	35 jours	55 jours

LIVRABLE(S) ET DÉLAIS ASSOCIÉS

Livrable(s)	Délai maximal de remise
Stratégie de fine-tuning et architecture	5 jours à compter de la commande
Dataset préparé et pipeline d'entraînement	8 jours après livraison de la stratégie
Modèles fine-tunés et évaluation	15 jours après mise en place du pipeline
Documentation et formation équipes	5 jours après livraison des modèles

IV.9.3 UO 2.9.3 - INTÉGRATION IA GÉNÉRATIVE DANS APPLICATIONS MÉTIER

OBJET

L'intégration d'IA générative dans les applications métier consiste à :

- Concevoir et développer les interfaces d'intégration avec les modèles LLM ;
- Implémenter les fonctionnalités d'IA générative dans les applications existantes ;
- Assurer la cohérence de l'expérience utilisateur et la performance.

À titre d'exemples, l'intégration peut porter sur (liste non exhaustive) :

- L'ajout de fonctionnalités de génération de contenu dans les applications ;
- L'intégration de chatbots intelligents dans les interfaces utilisateur ;

- L'automatisation de tâches métier par IA générative.

CONTENU ET MODALITÉS D'EXÉCUTION

1. Objectif et périmètre

Cette unité d'œuvre couvre l'intégration de fonctionnalités d'**IA générative** dans une application métier existante ou nouvelle, afin d'enrichir les capacités d'automatisation, d'assistance ou de génération de contenu.

Elle s'adresse aux cas d'usage tels que : aide à la rédaction, génération de rapports, assistance conversationnelle, analyse de texte, ou synthèse automatique.

Le prestataire met en œuvre une approche **agile et itérative**, avec **tests utilisateurs continus** pour ajuster les fonctionnalités selon les besoins réels des métiers.

2. Architecture et conception d'intégration

L'intégration s'appuie sur une architecture modulaire et sécurisée :

- **Conception des APIs et interfaces d'intégration** entre l'application et les services d'IA (REST, GraphQL, gRPC, MCP).
- **Choix du fournisseur d'IA** (API OpenAI, Azure OpenAI, Anthropic, Mistral, etc.) selon les contraintes techniques et réglementaires.
- **Définition des modèles d'interaction** (prompt→réponse, chat conversationnel, génération structurée, multimodale).
- **Encapsulation via microservice ou composant dédié** pour faciliter la maintenance et l'évolutivité.
- **Gestion du versionnage** des appels API et des modèles utilisés pour assurer la stabilité.

3. Développement des fonctionnalités d'IA générative

Le développement suit les bonnes pratiques de conception d'expériences IA centrées utilisateur :

- **Développement des fonctionnalités d'IA générative** intégrées à l'application (ex. : assistants métiers, génération de textes, synthèse automatique, recommandations).
- **Gestion avancée des prompts et templates de génération** : définition, paramétrage dynamique, adaptation contextuelle.
- **Optimisation de la pertinence** via contextes, ancrages métiers et mémoire conversationnelle contrôlée.

- **Mécanismes de cache et d'optimisation** pour limiter les appels API, réduire la latence et les coûts.
- **Mise en œuvre de mécanismes de supervision humaine** (Human-in-the-loop) sur les décisions critiques.

4. Sécurité, conformité et gouvernance IA

La solution respecte les exigences de sécurité, d'éthique et de conformité liées à l'usage de l'IA :

- **Intégration avec les systèmes d'authentification et d'autorisation** (OAuth2, OpenID Connect, SSO).
- **Gestion sécurisée des clés API et secrets** avec coffre-fort d'entreprise.
- **Filtrage des données sensibles et anonymisation avant envoi aux services d'IA.**
- **Respect des cadres réglementaires** (RGPD, AI Act, politiques internes de gouvernance IA).
- **Auditabilité et journalisation des interactions IA** pour la traçabilité et la conformité.

5. Monitoring et observabilité

Une instrumentation complète est mise en œuvre pour garantir la fiabilité et la performance des services d'IA intégrés :

- **Monitoring en temps réel** des appels API, latence, taux d'erreur et consommation.
- **Collecte et visualisation des métriques clés** (temps de réponse, coûts d'utilisation, taux de réussite des prompts).
- **Observabilité complète (logs, traces, indicateurs)** intégrée aux outils de supervision (Grafana, Datadog, ELK, etc.).
- **Alertes intelligentes** sur les anomalies de performance ou les dérives de qualité.
- **Suivi de la satisfaction utilisateur** via retours et notations intégrées.

Cf. UO 2.9.4.

6. Tests et validation

La prestation inclut la mise en œuvre d'une stratégie de tests complète :

- **Tests unitaires et d'intégration** sur les modules d'IA et les flux d'appel API.
- **Tests de performance et de charge** pour évaluer la robustesse et la latence.
- **Tests d'acceptation utilisateur (UAT)** pour validation fonctionnelle et ergonomique.

- **Tests de cohérence et de qualité des réponses IA** (prompt testing, hallucination rate, factual accuracy).
- **Validation de conformité et d'éthique IA** avant mise en production.

Modèle d'exécution

Thème	Modalités
Méthodologie	Approche agile itérative (sprints courts, tests utilisateurs continus).
Livrables	APIs d'intégration, modules IA, templates de prompt, documentation technique et fonctionnelle, scripts de tests, tableaux de bord de monitoring.
Critères d'acceptation	Fonctionnalités validées par les métiers, conformité RGPD et sécurité, latence conforme aux exigences (<500 ms cible), couverture de tests ≥ 80 %, satisfaction utilisateur ≥ 4/5.
Outils et technologies	Python, Node.js, API REST/GraphQL, SDK OpenAI/Azure/Mistral, Redis, Grafana, Terraform, GitLab CI/CD.

PROFIL(S) PRESSENTI(S)

- Développeur Full-Stack
- Expert intégration APIs IA
- Architecte logiciel

COMPLEXITÉ DE L'UO

Axe de Complexité	Critères	Simple	Moyen	Complexe
Technique	Intégration APIs IA	Appel simple REST ponctuel	Appels multiples ou orchestrés	Orchestration complexe multi-API, microservices, flux temps réel
	Volume / Fréquence requêtes	Faible trafic, batch	Volume moyen, flux quasi temps réel	Usage intensif en temps réel, milliers d'appels simultanés
	Gestion des prompts	Prompts statiques	Prompts dynamiques simples	Prompts complexes, génération contextuelle, templates multiples
	Optimisation	Pas de cache,	Cache simple,	Cache avancé, fine-

Axe de Complexité	Critères	Simple	Moyen	Complexe
	performance	latence tolérée	pré/post-processing	tuning, optimisation latence/cout
	Interopérabilité	Système unique	2–3 systèmes existants	Intégration multi-systèmes hétérogènes
	Scalabilité	Pas critique	Scalabilité horizontale limitée	Scalabilité horizontale massive ou multi-cloud
	Déploiement	Déploiement simple CI/CD	Déploiement multi-environnements	Déploiement conteneurisé orchestré, blue/green, CI/CD complexe
Métier	Nombre de cas d'usage	1–2 cas simples	3–5 cas	Plusieurs cas complexes, workflows interdépendants
	Personnalisation	Génération standard	Réponses partiellement contextualisées	Réponses hautement contextualisées, adaptation dynamique
	Criticité du domaine	Domaine peu sensible	Domaine sensible modéré	Domaine critique (finance, santé, juridique)
	Variété de formats	Texte simple	Texte + quelques documents	Multi-format / multimodalité (texte, PDF, images, etc.)
	Workflow utilisateur	Parcours simple	Parcours avec étapes multiples	Workflow complexe, approbations, notifications, reporting
Sécurité / conformité	Données sensibles	Non sensibles	Sensibles mais internes	Sensibles critiques, RGPD/HIPAA, confidentialité différentielle
	Sécurité flux	Auth simple	Auth + SSL/TLS	Auth multi-facteurs, chiffrement bout-en-bout, secrets management
	Conformité IA responsable	Non critique	Contrôle de biais basique	Audit complet, traçabilité, vérification de biais, éthique et sécurité

Axe de Complexité	Critères	Simple	Moyen	Complexe
	Auditabilité	Non nécessaire	Audit partiel	Historisation complète de prompts et réponses, logs immuables
UX / adoption	Interface utilisateur	Intégration minimale	UI adaptée, testée	Interface complexe, multi-plateforme, mobile, workflows multiples
	Expérience développeur	API simple	Documentation et tests de base	API complète, monitoring intégré, test en sandbox, libre-service pour métiers
	Libre-service métiers	Non	Paramétrage limité	Ajustement complet des prompts et modèles par les métiers

DÉLAIS D'EXÉCUTION DES PRESTATIONS

Complexité	Simple	Moyen	Complexe
Délai applicable	18 jours	30 jours	45 jours

LIVRABLE(S) ET DÉLAIS ASSOCIÉS

Livrable(s)	Délai maximal de remise
Dossier d'architecture, Dossier de spécifications	10 jours à compter de la commande
Développement des APIs et services IA LLM – codes sources	A la fin de la prestation
Intégration dans les applications métier – codes sources	A la fin de la prestation
Rapports de tests	A la fin de la prestation

IV.9.4 UO 2.9.4 - MONITORING ET OPTIMISATION LLM EN PRODUCTION

OBJET

Le monitoring et optimisation des LLM en production consiste à :

- surveiller les performances et la qualité des modèles déployés ;
- optimiser les coûts et la latence des services d'IA générative ;
- détecter et corriger les dérives de performance et de qualité.

À titre d'exemples, le monitoring peut porter sur (liste non exhaustive) :

- la surveillance de la qualité des réponses générées ;
- l'optimisation des coûts d'utilisation des APIs d'IA ;
- la détection d'anomalies et de dérives dans les générations.

CONTENU ET MODALITÉS D'EXÉCUTION

1. Objectif et périmètre

Cette unité d'œuvre couvre la **mise en place, l'exploitation et l'optimisation continue** du monitoring des modèles de **Large Language Models (LLM)** en production.

Elle vise à garantir la **performance, la fiabilité, la sécurité et la maîtrise des coûts** des systèmes d'IA générative déployés dans les environnements métier.

Le prestataire met en œuvre une **expertise avancée en MLOps** et une approche d'**observabilité IA** complète, incluant la détection proactive d'anomalies, la gestion des dérives, et l'amélioration continue de la qualité des modèles.

2. Mise en place du monitoring continu

Le monitoring couvre l'ensemble du cycle de vie opérationnel des LLM :

- **Instrumentation complète** des composants d'IA générative (API, pipelines, serveurs de modèles).
- **Métriques de performance** : latence moyenne et P95, débit, taux d'erreur, disponibilité.
- **Métriques de qualité** : pertinence, cohérence, taux d'hallucination, respect des consignes, sécurité du contenu.
- **Métriques d'usage et de charge** : nombre d'appels, utilisateurs actifs, sessions, taux de réussite des requêtes.
- **Monitoring des coûts** : suivi détaillé des consommations API, allocation de ressources, et prévision budgétaire.
- **Alerting intelligent** avec priorisation et corrélation automatique des incidents.

- **Dashboards de supervision** temps réel pour les équipes d'exploitation et les responsables produits.

3. Détection des anomalies et gestion des dérives

Le dispositif de monitoring inclut des mécanismes intelligents de détection :

- **Détection d'anomalies de performance** via modèles statistiques et apprentissage automatique.
- **Surveillance des dérives de données et de prompts** (drift de contexte, dérive lexicale, dérive thématique).
- **Suivi de la dérive de qualité** : comparaison des sorties par rapport à des réponses de référence.
- **Alerte proactive et escalade automatique** vers les équipes concernées selon gravité et impact.
- **Traçabilité complète** des incidents et conservation des journaux d'audit.

4. Optimisation continue des performances et des coûts

Le prestataire met en œuvre une boucle d'amélioration continue pilotée par la donnée :

- **Optimisation de la latence et du débit** via mise en cache des prompts et réglage des paramètres d'inférence.
- **Optimisation budgétaire** : ajustement des tailles de modèles, quotas dynamiques, ou stratégies multi-modèles (fallback ou mixture of experts).
- **Optimisation des prompts et contextes** pour réduire la consommation tout en maintenant la qualité.
- **Mise en œuvre d'expérimentations A/B** sur versions de prompts, contextes ou modèles.
- **Suivi automatique des gains de performance et de coûts.**

5. Qualité, sécurité et conformité

La supervision des LLM inclut la surveillance des aspects éthiques et réglementaires :

- **Détection de contenu inapproprié ou biaisé** avec filtres et scores de sécurité.
- **Vérification de la conformité RGPD et AI Act** pour les traitements et journaux d'usage.
- **Auditabilité complète des interactions IA** (contexte, prompt, réponse, utilisateur).
- **Traçabilité des mises à jour de modèles et prompts** avec contrôle de version.

- **Gestion sécurisée des secrets et des clés API** dans le cadre d’un environnement cloud sécurisé.

6. Tableaux de bord et pilotage

Les équipes métiers, produits et exploitation disposent de tableaux de bord unifiés :

- **Tableaux de bord de santé des modèles** : performance, coût, taux d’erreur, drift, sécurité.
- **Tableaux de bord de qualité générative** : cohérence, pertinence, satisfaction utilisateur.
- **Indicateurs d’adoption et d’usage** : charge, trafic, types de prompts, taux de succès.
- **Alertes visuelles et notifications automatisées** en cas d’incident ou dérive.
- **Rapports périodiques de performance et de conformité.**

7. Formation et transfert de compétences

La prestation inclut un accompagnement complet des équipes client :

- **Formation des équipes d’exploitation et SRE** à l’observabilité spécifique des systèmes LLM.
- **Transfert de compétences sur les outils de monitoring, dashboards et alerting.**
- **Documentation technique et guides de supervision IA.**
- **Support à la mise en place d’une culture de “Responsible AI Operations”.**

Modèle d’exécution

Thème	Modalités
Méthodologie	Approche MLOps et SRE appliquée aux LLM — surveillance continue, amélioration incrémentale, automatisation maximale.
Livrables	Tableaux de bord de monitoring, alerting configuré, rapport de performance et coûts, documentation d’exploitation, plan d’optimisation continue.
Critères d’acceptation	Latence moyenne <500 ms (ou selon SLA), taux d’erreur <1%, dérive détectée et corrigée automatiquement, suivi des coûts consolidé, dashboards validés par les métiers.
Outils et technologies	Prometheus, Grafana, OpenTelemetry, MLflow, Weights & Biases, LangFuse, Datadog, Airflow, Python, Terraform, GitLab CI/CD.

PROFIL(S) PRESSENTI(S)

- MLOps Engineer
- SRE spécialisé IA
- Expert optimisation LLM

COMPLEXITÉ DE L'UO

Complexité	Simple	Moyen	Complexe
Critère	1-2 modèles, monitoring basique	3-5 modèles, monitoring standard	> 5 modèles, monitoring avancé

DÉLAIS D'EXÉCUTION DES PRESTATIONS

Complexité	Simple	Moyen	Complexe
Délai applicable	10 jours	18 jours	30 jours

LIVRABLE(S) ET DÉLAIS ASSOCIÉS

Livrable(s)	Délai maximal de remise
Architecture de monitoring et métriques	4 jours à compter de la commande
Mise en place des outils de surveillance	8 jours après livraison de l'architecture
Tableaux de bord et alerting	5 jours après mise en place des outils
Documentation et formation équipes	3 jours après livraison des tableaux de bord

